

Steinar Flusund

Brannsikkerhet i sykehus

Trondheim, 01.06.2010





Oppgavens tittel: Brannsikkerhet i sykehus Fire safety in hospitals	Dato:01.06.2010		
	Antall sider (inkl. bilag): 177		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Steinar Flusund			
Faglærer/veileder: Per Jostein Hovde			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Anders Arnhus			

<p>Ekstrakt: Denne rapporten er skrevet som masteroppgave i emnet TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave ved NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport. Oppgaven behandler brannsikkerhet i somatiske sykehus med fokus på korridorpasienter.</p> <p>Brann i sykehus kan være spesielt kritisk fordi mange av pasientene og ikke vil være i stand til å evakuere uten hjelp fra andre. Slike bygninger prosjekteres etter risikoklasse 6 i <i>Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven</i>, § 7-22. <i>Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn</i> klassifiserer sykehus som særskilte brannobjekter, og muliggjør i forskriftens § 2-1 skjerpede branntekniske krav for eldre sykehusbygg oppført i henhold til tidligere regelverk og byggetillatelser.</p> <p>Korridorpasienter er et vedvarende medisinsk- og brannteknisk problem i norske sykehus. Dette til tross for at Helse- og omsorgsdepartementet opererer med hovedregel at helseregionen ikke skal ha korridorpasienter.</p> <p>En utført brannsikkerhetsanalyse av en sykehusavdeling viser at nødvendig evakueringstid kan overskride tilgjengelig evakueringstid i en usprinklet avdeling. Ved brann i korridor vil det kunne forekomme kritiske forhold i korridoren etter 2 min., før sprinkler aktiveres og kontrollerer brannen. På dagtid vil alle pasientene kunne evakueres før kritiske forhold oppstår, men med lav sikkerhetsfaktor mellom nødvendig- og tilgjengelig rømningstid. På natt vil pasientene kunne utsettes for kritiske forhold ved brann i pasientrom/korridor på grunn av forlenget nødvendig evakueringstid som følge av lav bemanning.</p> <p>Sprinkler vil forbedre sikkerheten til korridorpasienter ved brann, da anlegget vil begrense brann- og røykspredning i korridor samt hindre at kritiske temperaturer oppstår. I kombinasjon med lukkede dører mellom korridor og pasientrom, unngås kritiske forhold i tilgrensende rom til brannrommet.</p> <p>Myndighetskravet i ny byggeteknisk forskrift om automatisk sløkkeanlegg i bygninger i risikoklasse 6, synes å være et godt tiltak for å bedre brannsikkerheten i sykehus. Spesielt gjelder dette eldre sykehusbygg med kombinasjoner av trange rømningsveier, høy personbelastning, korridorpasienter og svake brannskiller, da sprinkler vil øke tilgjengelig evakueringstid ved å begrense/slokke branntilløp. Kravet om sprinkleranlegg i sykehus bør derfor hjemles også for eldre sykehusbygg gjennom § 2-1 i FOBTOT.</p>
--

Stikkord:

1. Sykehus
2. Korridorpasienter
3. Brannsikkerhet
4. Brannlovgivning

(sign.)

Forord

Denne rapporten er skrevet som masteroppgave i emnet TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave ved NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport. Veileder ved instituttet har vært professor Per Jostein Hovde.

Oppgaven har hatt som mål å undersøke dagens brannsikkerhet i norske sykehus. Omfang av korridorpasienter i sykehus undersøkes, samt brannutvikling og evakuering for utvalgte brannscenarier i en gitt sykehusavdeling.

Spesiell takk til Per Jostein Hovde og Anders Arnhus for god hjelp og veiledning under arbeidet med denne oppgaven. Ønsker også å takke Anne Steen- Hansen, Bodil Aamnes Mostue og Atle William Heskestad for interessante og lærerike møter ved SINTEF Sikkerhet under oppgavens forprosjekt.

Trondheim, 1. juni 2010

Steinar Flusund

Sammendrag

Denne rapporten er skrevet som masteroppgave i emnet TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave ved NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.

Oppgaven behandler brannsikkerhet i somatiske sykehus med fokus på korridorpasienter. Branntekniske utfordringer i sykehusbygg har ofte likhetstrekk med utfordringer i øvrige pleieinstitusjoner. Derfor trekkes også paralleller til pleieinstitusjoner i oppgaven. Sykehus og pleieinstitusjoner omfatter en rekke ulike bygg i forhold til størrelse, pasientgrupper og ansatte. Denne oppgaven fokuserer på norske sykehus med fast tilknyttet personell og heldøgns omsorg og pleie.

Brann i sykehus kan være spesielt kritisk fordi mange av pasientene og ikke vil være i stand til å evakuere uten hjelp fra andre. Slike bygninger prosjekteres etter risikoklasse 6 i *Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven*, § 7-22. *Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn* klassifiserer sykehus som særskilte brannobjekter, og muliggjør i forskriftens § 2-1 skjerpede branntekniske krav for eldre sykehusbygg oppført i henhold til tidligere regelverk og byggetillatelser.

Korridorpasienter er et vedvarende medisinsk- og brannteknisk problem i norske sykehus. Dette til tross for at Helse- og omsorgsdepartementet opererer med hovedregel at helseregionen ikke skal ha korridorpasienter. Selv om antall korridorpasienter i somatiske sykehus har hatt en positiv utvikling de siste årene, var det i 2. tert. 2009 registrert totalt ca. 160 korridorpasienter per dag i norske sykehus.

FOBTOT § 2-1 stiller krav til oppgradering av eldre bebyggelse til samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger, innen økonomisk og praktisk forsvarlig ramme. Dette tilsvarer i praksis brannsikkerhetskrav i dagens TEK og VTEK, men kravet hjemles i hovedsak kun for bygninger med særskilte mangler i brannsikkerheten. Hva ”samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger” innebærer, er ikke formulert i forskriften. Dette er et problem når brannsikkerheten i eldre bygg skal dokumenteres ved analyse, da det ikke finnes en norm på hva som kvantitativt er akseptabelt brannsikkerhetsnivå. Hva som er innenfor praktisk og økonomisk forsvarlig ramme for oppgradering av brannsikkerhet er heller ikke definert i forskriften, og åpner for ulik praktisering av forskriftskravene blant prosjekterende samt internt- og på tvers av kommuner. Det kan derfor være behov for klarere retningslinjer for hvilke krav som gjelder for oppgradering og opprettholdelse av brannsikkerheten i sykehus.

De branntekniske ytelsesnivåene i VTEK beskriver løsninger som skal gi et minimum brannsikkerhetsnivå, men angir ikke nøyaktig hvilket brannsikkerhetsnivå som oppnås. Når løsningene i VTEK fravikes ved nybygging, må det på annen måte dokumenteres at valgte løsninger tilfredsstiller de funksjonskrav TEK stiller for brannsikkerhet. Funksjonskravene i TEK er imidlertid vanskelige å omforme til målbare/kvantifiserbare akseptkriterier. Dette gir grunn til å tro at norske sykehus i dag har varierende brannsikkerhet med hensyn til tekniske løsninger.

Brannstatistikken for somatiske sykehus og somatiske spesialsykehus viser en svak økning i antall branntilfeller mellom periodene 1999-2003 og 2004-2008. Perioden 1999-2003 hadde et gjennomsnitt på 10 branner per år, mens det i perioden 2004-2008 gjennomsnittlig var 12 branner per år. Totalt var det 117 bygningsbranner i sykehus mellom 1999 og 2009, og gjennomsnittlig 11 branner per år.

De siste 5 årene har det vært en jevnt minkende døgnbasert pasientbelastning i norske sykehus. Samtidig har dagbasert pasientbehandling økt, og antall årsverk minket.

En utført brannsikkerhetsanalyse av en sykehusavdeling viser at nødvendig evakueringstid kan overskride tilgjengelig evakueringstid i en usprinklet avdeling. Ved brann i korridor vil det kunne forekomme kritiske forhold i korridoren etter 2 min., før sprinkler aktiveres og kontrollerer brannen. På dagtid vil alle pasientene kunne evakueres før kritiske forhold oppstår, men med lav sikkerhetsfaktor mellom nødvendig- og tilgjengelig rømningstid.

På natt vil pasientene kunne utsettes for kritiske forhold ved brann i pasientrom/korridor på grunn av forlenget nødvendig evakueringstid som følge av lav bemanning.

Sprinkler vil forbedre sikkerheten til korridorpasienter ved brann, da anlegget vil begrense brann- og røykspredning i korridor samt hindre at kritiske temperaturer oppstår. I kombinasjon med lukkede dører mellom korridor og pasientrom, unngås kritiske forhold i tilgrensende rom til brannrommet.

Myndighetskravet i ny byggeteknisk forskrift om automatisk i bygninger i risikoklasse 6, synes å være et godt tiltak for å bedre brannsikkerheten i sykehus. Spesielt gjelder dette eldre sykehusbygg med kombinasjoner av trange rømningsveier, høy personbelastning, korridorpasienter og svake brannskiller, da sprinkler vil øke tilgjengelig evakueringstid ved å begrense/ slukke branntilløp. Kravet om sprinkleranlegg i sykehus bør derfor hjemles også for eldre sykehusbygg gjennom § 2-1 i FOBTOT.

Ved oppføring av nye sykehusbygg er det derfor viktig at myndigheter og prosjekterende tar korridorpasientproblematikken på alvor. Spesielt viktig er det å bygge sykehus med nødvendig sengekapasitet, samt tilstrekkelig avdelingsareal for lagring/oppbevaring for å holde korridorene frie for løst inventar. Det er også viktig at sykehusene utnytter all tilgjengelig sengekapasitet i den daglige driften. I eksisterende sykehus må brannsikkerheten i avdelinger med korridorpasienter håndteres av både tekniske og organisatoriske tiltak.

Sykehuspolitikken med kombinasjonen reduserte sengeposter og økt dagbehandling, gir korridorpasienter i sykehus når pasienter av ulike årsaker ikke kan sendes hjem som planlagt etter behandling. Når sykehusenes sengekapasitet samtidig ikke utnyttes fullt ut for å spare penger, er dette med på ytterligere å forverre korridorpasientproblemet.

Korridorpasienter i sykehus bør forebygges gjennom prosjektering/utforming av sykehusbygg i kombinasjon med organisatoriske tiltak, framfor stadig bøtelegging av sykehusene med kortvarig effekt.

Innhold

Forord	5
Sammendrag	6
Figurliste	12
Tabelliste	13
Ordforklaringer	15
1 Innledning	17
1.1 Bakgrunn	17
1.1.1 Helse- og sosialtjenesten i Norge	17
1.1.2 Somatiske sykehus	18
1.1.3 Uttalelser fra brannvesen	24
1.2 Målsetning	25
1.3 Begrensninger	25
1.4 Metode	26
1.5 Oppgavens struktur	27
2 Brannlovgivning	29
2.1 Grunnlag	29
2.2 Norsk brannlovgivning	29
2.2.1 Plan- og bygningsloven	30
2.2.2 Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven(TEK)	30
2.2.3 Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven(VTEK)	31
2.2.4 Brann- og eksplosjonsvernloven	33
2.2.5 Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn(FOBTOT) med veiledning	33
2.2.6 Internkontrollforskriften	35
2.2.7 Dimensjoneringsforskriften	35
2.2.8 Temaveiledninger	35
2.3 Brannlovgivning i Sverige	35
2.3.1 Boverkets Byggeregler (BBR)	36
2.3.2 Räddningstjänstförordningen	37
2.4 Brannlovgivning i Danmark	37
2.4.1 Bygningsreglementet (BR08)	37
2.4.2 Veiledninger	38
2.4.3 Beredskapsloven med veiledninger	39
2.5 Preaksepterte løsninger for sykehus	39
2.5.1 Løsninger i Norge	40
2.5.2 Løsninger i Sverige	42
2.5.3 Løsninger i Danmark	45
2.6 Oppsummering brannlovgivning	47

3	Statistikk	48
3.1	Helse- og sosialtjenesten.....	48
3.1.1	Døgnsengeplasser	48
3.1.2	Årsverk.....	49
3.1.3	Beboere i pleieinstitusjoner	50
3.1.4	Sykehus.....	51
3.2	Statistikk fra DSB	54
3.2.1	Vurdering av datakvalitet	54
3.2.2	Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten generelt.....	54
3.2.3	Statistikk over branner i sykehus og pleieinstitusjoner i Norge	56
3.2.4	Brannårsaker	59
3.2.5	Brannomkomne	61
3.3	Nordisk brannstatistikk	62
3.3.1	Vurdering av datakvalitet	62
3.3.2	Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten	63
3.3.3	Brannomkomne	64
4	Sykehusbygg og branntekniske utfordringer	65
4.1	Sykehusbygg i Norge	65
4.1.1	Sykehus- 1950-tallet	65
4.1.2	Sykehus- 1970-tallet	66
4.1.3	Dagens sykehus	66
4.2	Branner i norske sykehus og pleieinstitusjoner	68
4.2.1	Branner	68
4.2.2	Oppsummering	73
4.3	Branntekniske problemstillinger i sykehus.....	73
4.3.1	Brannlast.....	74
4.3.2	Potensielle brannkilder.....	76
4.3.3	Evakuering	76
4.3.4	Brann- og røykspredning	78
4.3.5	Redningsmannskaper	78
4.3.6	Organisatorisk brannvern.....	78
4.4	Brannsikkerhetstiltak i sykehus	79
4.4.1	Aktive brannsikkerhets tiltak.....	80
4.4.2	Passive brannsikkerhets tiltak	87
4.4.3	Røykkontroll/røykventilasjon	90
4.4.4	Organisatoriske brannsikkerhetstiltak	93
4.4.5	Evakueringsplaner	95
4.4.6	Pålitelighetstall for branntekniske tiltak	99

5	Risikoanalyse	102
5.1	Risiko generelt	102
5.2	Akseptkriterier.....	102
	Probabilistiske akseptkriterier.....	102
	Deterministiske akseptkriterier.....	103
	Komparative akseptkriterier	103
	ALARP - prinsippet.....	103
	FAR-verdi	103
5.3	Kvalitativ risikoanalyse	104
5.4	Kvantitativ risikoanalyse.....	104
	1. Probabilistisk analyse	104
	2. Deterministisk analyse.....	105
6	Beregningsmetoder.....	106
6.1	Brannutvikling.....	106
	6.1.1 Beregningsprogrammet CFAST.....	106
	6.1.2 Håndberegninger.....	107
6.2	Evakueringsberegninger	108
6.3	Risikoanalyse	110
7	Analyse av brannsikkerhet i sykehusavdeling	112
7.1	Analyseobjektet – medisinsk sykehusavdeling	112
	7.1.1 Utforming	112
	7.1.2 Brannteknisk.....	113
	7.1.3 Rømningsveier	114
	7.1.4 Pasienter og pleiere.....	115
	7.1.5 Brannscenarier	115
7.2	Brann- og røykspredning	116
	7.2.1 Brannspesifikasjoner	116
	7.2.2 Resultater- brannsimulering.....	117
7.3	Evakuering	122
	7.3.1 Evakueringsrutine.....	122
	7.3.2 Inngangsdata evakueringsberegning.....	123
	7.3.3 Beregninger og resultater.....	124
7.4	Risikoanalyse- BSV vård.....	127
8	Diskusjon	130
8.1	Brannsikkerhet i sykehus.....	130
8.2	Preaksepterte løsninger	132
8.3	Brannstatistikk.....	132
8.4	Korridorpasienter	133

8.5 Brannsikkerhetsanalyse- sykehusavdeling	136
Brann- og røykspredning	136
Evakuering	138
9 Konklusjon	139
Anbefaling for videre arbeid	142
Bibliografi	143
10 Vedlegg	150
10.1 Oppgavetekst	150
10.2 Dokumentasjon av brannsikkerhet	153
Byggesak	153
Tilnærminger til brannteknisk prosjektering	154
Dokumentasjon på ulike nivåer	156
10.3 Metoder for å kvantifisere brannsikkerhetsnivå i sykehus	159
10.3.1 Generelt	160
10.3.2 Metoder	160
10.4 Informasjonskilder og spørreskjema-brannvesen	167
10.5 Brannsikkerhetsanalyse – underlag, forutsetninger og antagelser	169
10.5.1 Utforming	169
10.6 Risikoanalyse- BSV vård	170
10.7 Resultater fra CFAST beregninger	172

Figurliste

Figur 1 Sykehuskorridor	20
Figur 2 Dekningsbidrag på sykehuspost med korridorpasienter (7)	21
Figur 3 Regelverk i byggefase og bruksfase (4)	29
Figur 4 Døgnplasser i somatiske sykehus/spesialhelsetjenesten/institusjoner for eldre/funksjonshemmede[(52), (53), (54)]	49
Figur 5 Prosentandel døgnsegeplasser i institusjoner for eldre/funksjonshemmede (54)	49
Figur 6 Årsverk i somatiske sykehus/spesialhelsetjenesten/institusjoner for eldre/funksjonshemmede (32).	50
Figur 7 Antall/aldersfordeling for beboere i pleieinstitusjoner for eldre/funksjonshemmede (33)....	50
Figur 8 Gjennomsnittlig liggetid somatiske sykehus. 1990-2008 (2)	51
Figur 9 Antall korridorpasientdøgn i somatiske sykehus (2007-2009). (11)	52
Figur 10 Gjennomsnittlig antall korridorpasienter pr.dag (2007-2009) (11)	53
Figur 11 Andel pasienter i korridor(%) (11)	53
Figur 12 Bygningsbranner i forskjellige næringer i perioden 1994-2003 (35)	55
Figur 13 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i Norge for perioden 1999-2009.	56
Figur 14 Bygningsbranner i somatiske sykehus/somatiske spesialsykehus(1999-2009)	57
Figur 15 Bygningsbranner i somatiske sykehjem/somatiske spesialsykehjem(1999-2009)	57
Figur 16 Bygningsbranner i institusjoner for eldre/funksjonshemmede(1999-2009)	58
Figur 17 Bygningsbranner i sykehus og pleieinstitusjoner totalt(1999-2009)	59

Figur 18 Brannårsaker i sykehus og pleieinstitusjoner i perioden 1999-2009	60
Figur 19 Brannårsaker i sykehus i perioden 1999-2009	61
Figur 20 Antall brannomkomne i sykehus og pleieinstitusjoner i perioden 1994-2009.	62
Figur 21 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i Nordiske land, perioden 2005-2008 (62).....	63
Figur 22 Brannomkomne i helse og sosialtjenesten i nordiske land, 1999-2002 (62).....	64
Figur 23 Halden Sykehus 1950-tallet (63)	65
Figur 24 Sykehuset Buskerud 1970-tallet (63)	66
Figur 25 Nye Ahus (64)	67
Figur 26 Sengetun nevrosenteret St. Olavs Hospital (67)	68
Figur 27 Branntekniske svakheter i bygg (85)	79
Figur 28 Brannutvikling i bygning (88).....	80
Figur 29 Prinsippskisse våtsprinkleranlegg (91)	81
Figur 30 Effekt av sprinkler (90)	82
Figur 31 Prinsippskisse brannalarmanlegg (94).....	85
Figur 32 Innsats fra brannvesen mot branncelle (96)	87
Figur 33 Ledesystem (27)	89
Figur 34 Branncelleinnndeling (27)	90
Figur 35 Prinsippskisse for røykventilasjon (88).....	91
Figur 36 Trykksetting av trapperom (88).....	92
Figur 37 Rullestølløft (102) Figur 38 Redningslaken for vertikal evakuering (103).....	96
Figur 39 Evakuering via høydemateriell (102).....	97
Figur 40 ALARP – prinsippet (49).....	103
Figur 41 Brannutvikling (115)	108
Figur 42 Evakueringsfaser (117)	109
Figur 43 Utforming sykehusavdeling	113
Figur 44 Brannscenarier (118)	115
Figur 45 BSI-indeks for undersøkt sykehusavdeling(BSV-vård).....	128
Figur 46 Valg av brannkonsept ved brannteknisk prosjektering (23)	155
Figur 47 Nivåer for dokumentasjon av brannikkerhet (23).	156
Figur 48 Program og prosjekt i sykehusplanlegging (123)	159
Figur 49 L-kurve metoden	165
Figur 50 Generell sykehusavdeling 1 (105)	169
Figur 51 Generell sykehusavdeling 2 (50)	169
Figur 52 Inndata BSV-vård (120)	170

Tabelliste

Tabell 1 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i Norge for perioden 1999-2009:	55
Tabell 2 Tabell: Bygningsbranner i somatiske sykehus/somatiske spesialsykehus(1999-2009).....	56
Tabell 3 Bygningsbranner i somatiske sykehjem/somatiske spesialsykehjem(1999-2009).....	57
Tabell 4 Bygningsbranner i institusjoner for eldre/funksjonshemmede(1999-2009).....	58
Tabell 5 Bygningsbranner i sykehus og pleieinstitusjoner totalt(1999-2009).....	58
Tabell 6 Dødshyppighet i brann i Norge (61).....	62
Tabell 7 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i nordiske land, perioden 2005-2008 (62).....	63
Tabell 8 Antall bygningsbranner per 100 000 innbyggere i helse- og sosialtjenesten i nordiske land, 2008.....	63
Tabell 9 Totalt antall brannomkomne i helse- og sosialtjenesten i nordiske land, 1999-2008 (62) ...	64
Tabell 10 Branntekniske problemstillinger i sykehus	79
Tabell 11 Pålitelighetstall for brannsikkerhetstiltak.....	101
Tabell 12 Probabilistisk analyse- fordeler og ulemper (51).....	104
Tabell 13 Deterministisk analyse- fordeler og ulemper (51).....	105
Tabell 14 Vekting av tiltak/forhold i BSV-vård(økt med faktor på 1000) (101)	110

Tabell 15 Tålegrenser ved rømning (121)	114
Tabell 16 Tid til kritiske forhold	121
Tabell 17 Forflytningstider ved evakuering av avdelingen.....	124
Tabell 18 Nødvendig evakueringstid pasientrombrann	125
Tabell 19 Nødvendig evakueringstid korridorbrann	126
Tabell 20 Vekting av tiltak/forhold i BSV-vård(økt med faktor på 1000) (101).....	162
Tabell 21 Struktur indeksmetode (124)	164
Tabell 22 Vekting av parametre i indeksmetoden (124).....	164
Tabell 23 BSI-verdier for sykehusavdeling	171

Ordforklaringer

DSB:	Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap
SSB:	Statistisk Sentralbyrå
FOBTOT:	Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn
TEK:	Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven.
VTEK:	Veiledning til Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven.
Akseptkriterium:	Nivå på en egenskap som avgjør om en teknisk eller administrativ løsning kan aksepteres.
Risiko:	Produktet av sannsynlighet for en uønsket hendelse og konsekvensen av hendelsen.
Sikkerhet:	Evne til å unngå tap som følge av uønskede hendelser.
Brannscenario:	Det sett av hendelser som inngår i starten og forløpet av en brann.
FAR-verdi:	Fatal Accident Rate: antall omkomne per 10^8 timer eksponering.
ALARP:	As Low As Reasonably Practicable. Prinsipp for å vurdere kostnad/nytte- effekt av sikkerhetstiltak.
SINTEF NBL:	SINTEF Norsk Brannlaboratorium
Brannseksjon:	Del av større bygning skilt med seksjoneringsvegger på en slik måte at at en brann ikke vil spre seg utover brannseksjonen den startet, forutsatt innsats fra brannvesenet (1).
Branncelle:	Avgrenset del av bygning hvor en brann i løpet av fastsatt tid fritt kan utvikle seg uten å spre seg til andre deler av bygningen (1).
Sikkert sted:	Område hvor kritiske forhold ikke er eller vil kunne være en trussel for mennesker (1).
OBRE:	Oslo brann- og redningsetat.
NFPA:	National Fire Protection Association
NIST:	National Institute of Standards and Technology

1 Innledning

Denne rapporten er skrevet som masteroppgave i emnet TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave ved NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport.

Oppgaven behandler brannsikkerhet i somatiske sykehus med fokus på korridorpasienter. Branntekniske utfordringer i sykehusbygg har ofte likhetstrekk med utfordringer i øvrige pleieinstitusjoner. Derfor trekkes også paralleller til pleieinstitusjoner i oppgaven. Sykehus og pleieinstitusjoner omfatter en rekke ulike bygg i forhold til størrelse, pasientgrupper og ansatte. Denne oppgaven fokuserer på norske sykehus med fast tilknyttet personell og heldøgns omsorg og pleie.

1.1 Bakgrunn

Brann i sykehus er spesielt kritisk fordi mange av pasientene og ikke vil være i stand til å evakuere uten hjelp fra andre. Slike bygninger prosjekteres etter risikoklasse 6 i *Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven*, § 7-22. *Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn* klassifiserer sykehus som særskilte brannobjekter, og muliggjør i forskriftens § 2-1 skjerpede branntekniske krav for eldre sykehusbygg oppført i henhold til tidligere regelverk og byggetillatelser.

Vi får i tiden som kommer en stor økning i antall eldre mennesker, og gjennomsnittlig levealder kan øke. Dette vil føre til et større antall eldre og sykere pasienter i sykehus, og dette gir store utfordringer med hensyn til å ivareta en tilfredsstillende brannsikkerhet.

Pasientbehandling i korridor er fortsatt et problem i norske sykehus, selv om utviklingen har vært positiv i perioden 2007-2009. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Helsedirektoratet enes om at korridorpasienter utgjør en stor sikkerhetsrisiko ved brann og rømning i sykehus. Dette gjør det nødvendig for sykehus å iverksette tiltak for å bedre sikkerheten til pasienter, ansatte og besøkende.

1.1.1 Helse- og sosialtjenesten i Norge

Statistisk sentralbyrå (SSB) utarbeider statistikk over hele helse- og sosialtjenesten i Norge. Dette materialet gir en god inndeling av de forskjellige institusjonene. SSB opererer med følgende inndeling av helse- og sosialtjenesten i Norge:

- Spesialhelsetjenesten
- Pleie- og omsorgstjenesten

Spesialhelsetjenesten

Spesialhelsetjenesten kan deles inn i tre tjenesteområder. Disse områdene omfatter (2):

- Somatiske sykehus
- Psykisk helsevern
- Rusbehandling

Det somatiske området omfatter sykehus, legespesialister og opptreningsinstitusjoner. Behandling gis ved innleggelse eller poliklinisk. Psykisk helsevern omfatter hovedsakelig behandlingstilbud i distriktpsikiatriske senter, men også i sykehusavdelinger og private

spesialister. Behandling av rusmisbrukere gis hovedsakelig av private institusjoner betalt av de offentlige. Staten overtok ansvaret for spesialhelsetjenesten fra fylkeskommunen i 2002.

Pleie- og omsorgstjenesten

Pleie og omsorgstjenesten omfatter en rekke tjenester underlagt kommunene. Tjenestene kan deles inn i følgende områder (3):

- Omsorgsboliger:

Omsorgsboliger er boliger tilrettelagt for eldre og funksjonshemmede, bygget med lån fra Husbanken. Kommuner med omsorgsboliger skal ha heldøgns hjemmesykepleie som kan settes inn ved behov.

- Institusjoner:

Institusjoner for pleie og omsorg omfatter sykehjem, aldershjem og noen andre boformer for pleie og omsorg. Dette er boform der deler av arealet er felles for alle beboere, og som har felles husholdning og fast tilknyttet personale hele døgnet.

SSB definerer boformer med pleie og omsorg slik: (4)

”Definisjon av bolig med fast tilknyttet personell enten a) hele døgnet eller b) deler av døgnet

1. Beboer har inngått husleiekontrakt og betaler husleie for leiligheten.

2. Enheten oppfyller kravene til å kunne skilles ut som egen enhet i Enhetsregisteret/Bedrifts- og foretaksregisteret. Hovedprinsippet er at en skal dele kommunen inn etter hva slags type virksomhet som drives (næring) og etter beliggenhet (fysisk adresse).

3. Bygning/bokompleks/samløkaliserte boliger/bofellesskap/bokollektiv med fast tilknyttet personell (dvs. tjenestested i den aktuelle enhet).

Det regnes ikke som virksomhet med fast tilknyttet personell dersom personellet oppholder seg i nærliggende institusjon/bokompleks og kun tar tilsynsrunder til aktuell enhet.

*a. Fast tilknyttet personell **hele** døgnet*

Bygningen/bokomplekset må ha minst en ansatt tilstede hele døgnet (eventuelt med unntak av perioder hvor det ikke er beboere til stede).

Det godtas at personell i boligen tar kortvarige tilsynsrunder i nærliggende institusjon /bokompleks.

*b. Fast tilknyttet personell **deler** av døgnet*

Denne kategorien brukes når personell er fast tilknyttet boligen, for eksempel dag og kveld, men ikke om natten. Alternativt kan boligen ha fast tilknyttet nattevakt, men ikke personell på dagtid.”

1.1.2 Somatiske sykehus

Norske sykehus er organisert i fire regionale helseforetak(RHF), og har som primær oppgave å tilby befolkningen spesialisert behandling (5). Helseforetakene er delt inn i Helse Nord,

Helse Midt-Norge, Helse Vest og Helse Sør-Øst. Helse- og omsorgsdepartementet oppsummerer sykehusenes virkeområde slik (5):

- Fremme folkehelsen, motvirke sykdom, skade, lidelse og funksjonshemming.
- Tilby likeverdige tjenester tilpasset pasientenes behov.
- Sikre tjenestens kvalitet.
- Sikre pasientenes tilgjengelighet til tjenesten.
- Sikre best mulig bruk av ressursene.

I Landsvernplan for helsesektoren: *Helsebygg i Norge - ei historisk oversikt* (6) beskriver Helse- og Omsorgsdepartementet den historiske utviklingen til norske helsebygg. På begynnelsen av 1900-tallet begynte somatiske sykehus å få høyere status som institusjonstype i Norge (6). Det ble oppført store sykehus i hele landet, som erstattet primitive sykestuer fra 1800-tallet. Før sykehussektoren ble lovregulert, ble den av Sykehusordningskomiteen 1957 beskrevet som bestående av ” *et nær sagt forvirrende antall forskjellige typer av sykehus og nær beslektede helseanstalter eller helseinstitusjoner for diagnose, behandling, etterbehandling, attføring og medisinsk pleie* (6)”

Etter 1945 var målet til helsesektoren å lage en planmessig utvikling av sykehusene som del av en helhetlig sykehuspolitikk. Ledd i dette var blant annet (6):

- Bygging av større sykehus i regionsentrene, og mindre lokalsykehus.
- Skarpere funksjonsdeling mellom sykehjem/pleiehjem og sykehus.
- Omorganisering av sykehusmyndigheten og sykehusadministrasjonen.

Sykehusene på første halvdel av 1900-tallet var ofte murbygninger i flere etasjer. Helsedirektoratets Sykehuskontor hadde rolle som konsulent i sykehusutbygginger i hele landet, og Statens Sykehusråd fungerte som rådgivende organ. Kommunen var en viktig drivkraft i utbyggingen, og det ble reist sykehus i alle større tettsteder (6).

1969 ble Sykehusloven vedtatt. Hovedprinsippene var større endringer på fylkes- og regionalnivå, og sentralsykehus i hvert fylke. Staten dekket store deler av utgiftene. Dette resulterte i en massiv utbygging, og staten fikk rollen med å godkjenne fylkenes planer.

I 2002 kom Helseforetaksloven. Den fastslo statlig overtakelse av sykehusene i form av fire regionale helseforetak, og ivaretok større grad av frihet for de enkelte sykehus (6).

1.1.2.1 Korridorpasienter

Korridorpasienter er et vedvarende medisinsk- og brannteknisk problem i norske sykehus. Dette til tross for at Helse- og omsorgsdepartementet opererer med hovedregel at helseregionen ikke skal ha korridorpasienter (7). Selv om antall korridorpasienter i somatiske sykehus har hatt en positiv utvikling de siste årene, var det i 2. tert. 2009 registrert totalt ca. 160 korridorpasienter per dag i norske sykehus (avsnitt 3.1.4.1). Samtidig har det de siste 5 årene vært en jevn nedgang i antall døgnsengeplasser og gjennomsnittlig liggetid i sykehus (avsnitt 3.1.4.1). Antall korridorpasienter vil kunne variere mellom ulike avdelinger og sengeposter, samt gjennom døgn og perioder. Undersøkelser viser at korridorpasienter forekommer hyppigst i avdelinger med et høyt antall øyeblikkelig hjelp innleggelser, særlig indremedisinske avdelinger (8).

Helsedirektoratet definerer korridorpasienter som (9):

”Pasient som er plassert i seng på korridor, bad, skyllerom, dagligstue m.m. Det regnes også som korridorpasienter når plassering på korridor velges som løsning på observasjons- eller kontaktbehov. Dersom mor og barn etter fødsel plasseres på korridor eller lignende, skal de regnes som 2 korridorpasienter. Gjelder ikke ”ekstra” pasienter på ordinære sengeplasser eller sengeplasser som er tatt ut av drift. Det betyr at antall korridorpasienter ikke beregnes ut fra totalt overbelegg, eller som antall flere pasienter enn antall ordinære sengeplasser.”



Figur 1 Sykehuskorridor

Problemstillinger

Både Helsedirektoratet og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB) anser korridorpasienter som et stort sikkerhetsproblem ved brann og evakuering i sykehus.

Direktoratene nevner følgende problemstillinger[(10), (9)]:

- *”Pasientseng i evakueringsområde er et alvorlig sikkerhetsmessig avvik, jf. brannforskriften og internkontrollforskriften.*
- *Antall pasienter som må evakueres i tidligste fase, øker fordi korridoren blir røykfyllt ved slokke- og redningsinnsats på et pasientrom som er i brann. Dette innebærer også økt risiko for korridorpasientene selv, som også må evakueres i fase 1.*
- *Senger i rømningsveien øker faren for brann.*
- *Senger i rømningsveien er et hinder for evakuering av andre pasienter.*
- *Senger i korridoren vil gi plassproblemer ved evakuering av pasienter fra andre områder. Det forutsettes at pasienter som evakueres skal ha midlertidig opphold i andre korridorer.”*

Helsedirektoratet angir omfang av korridorpasienter i norske sykehus som en av 11 kvalitetsindikatorer for spesialhelsetjenesten (11). Kvalitetsindikatorer brukes som indirekte mål på kvaliteten til tjenestetilbudet i spesialhelsetjenesten. I tillegg til de

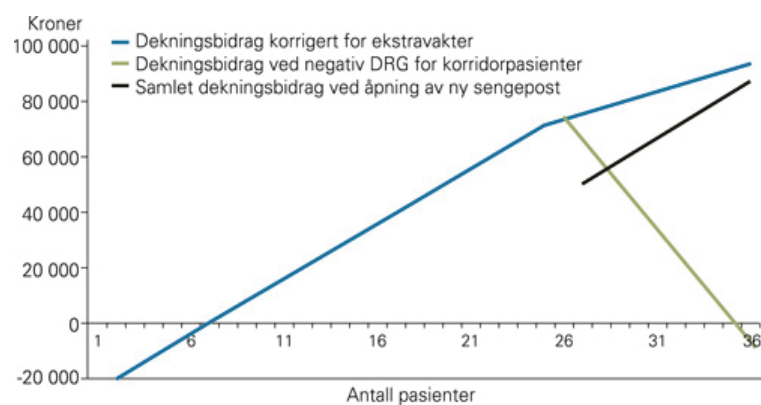
brannsikkerhetsmessige utfordringene med korridorpasienter, kommer utfordringen med å sikre kvaliteten på pasientbehandlingen (9):

- ”behandlingsplass i korridor er et hinder for ivaretagelse av pasientenes integritet og alminnelig verdighet.
- behandlingsplass i korridor er til hinder for ivaretagelse av lovpålagt taushetsplikt, jf. Lov om helsepersonell.
- behandlingsplass i korridor er til hinder for god behandling og pleie.”

Årsaker

Statistikken (avsnitt 3.1.4.1) viser at det er korridorpasienter i de fleste sykehus, og flest på de større sykehusene. Myndighetene har gjennom mange år gjennomført tiltak for å få slutt på problemet, men uten å finne varige løsninger. Årsakene til korridorpasientproblemet kan være både kapasitetssituasjon, helsesektorens ressurser, samt incentiver fra sykehusledelse og helsepersonell (12). I artikkelen *Korridorpasientenes funksjon i norsk sykehusvesen* av J. Norstein (7) påpekes flere faktorer for det vedvarende problemet:

- En økonomisk analyse (figur 2) viser at sykehusene oppnår økende dekningsbidrag med økende antall korridorpasienter. Dekningsbidrag defineres som totale gjennomsnittlige DRG¹ (diagnoserelatert gruppe) inntekter minus lønnskostnader til personale. Selv med økte ekstravaktkostnader, vil det lønne seg for sykehusene å ha pasienter i korridor framfor å åpne en ny sengepost. En nyåpnet sengepost får positivt dekningsbidrag først når det er belegg for 8 pasienter på posten. Grønn linje i figur 2 viser at dekningsbidraget ved å ha korridorpasienter synker dersom sykehusene bøtelegges med 10 000 kr per korridorøgn.



Figur 2 Dekningsbidrag på sykehuspost med korridorpasienter (7)

- Reduksjon i antall sykehussenger kan være årsaksgivende for at pasienter plasseres i korridor framfor pasientrom. Sykehusene fokuserer på færre senger, raskere behandling og færre liggedøgn per pasient.

¹ DRG-systemet brukes for å måle aktiviteten til sykehusene, og brukes som grunnlag for å finansiere sykehusene etter aktivitet (127).

- Sengeposter stenges i forbindelse med ferieavvikling. Korridorpasienter brukes da som buffer for å unngå å åpne hele sengeposter når kapasiteten overskrides i perioder.
- Pasienter i en overfylt sengepost blir ikke flyttet til en annen post med ledige senger tilhørende en annen spesialitet. Dette skyldes ofte ansvarsforhold mellom vakthavende leger innen ulike spesialiteter, men gjelder også for ferdigbehandlede pasienter som kun har pleiebehov. Dermed kan enkelte poster være overbelastet med pleiepasienter, samtidig som det står ledige senger i andre avdelinger.
- Sykehusene har de senere årene utløst deltidsstillinger for sykepleiere i større grad. Dette gjør sykepleierne mer tilgjengelig for ekstravakter, og på den måten dekkes nødvendig arbeidsbehov for å opprettholde korridorpasienter framfor å åpne sengeposter med faste ansettelser.
- Befolkningen blir eldre og gjennomsnittlig levealder øker. Dette medfører økt behov for alle typer helsetjenester i lang tid fremover (12). Samtidig reduseres antall sengeplasser i sykehusene. Dette reduserer reservekapasiteten ved sengavdelingene.
- Sengekapasiteten ved sykehusene overbelastet i perioder med epidemier og lignende.

Mangel på sengeplasser i sykehjem og andre pleieinstitusjoner kan også være en medvirkende årsak til fortsatt korridorpasienter i sykehus. Ferdigbehandlede pasienter med pleiebehov blir derfor ofte værende i sykehus, da kommunale institusjoner ikke har kapasitet til å ta imot flere pasienter/beboere.

Korridorpasienter i sykehus skyldes en rekke faktorer, de fleste med en økonomisk fellesnevner. Sykehusene sparer penger på å ha pasienter i korridor, og samtidig benytte sykepleiere i deltidsstillinger som ekstravakter. Korridorpasienter er derfor et økonomiproblem da sykehusene får økonomisk gevinst på bekostning av pasienter plassert i korridor, og dermed også et ledelsesproblem. Samtidig kan trolig organisatoriske og økonomiske tiltak fjerne korridorpasienter i mange sykehus (7). Eksempelvis ble problemer med korridorpasienter løst med enkle grep ved medisinsk avdeling ved sykehuset i Ålesund. Korridorpasienter ble satt på dagsorden, og problemet ble prioritert. Dette resulterte i at antall korridorpasienter per år gikk ned fra 1151 i 2006 til 547 i 2009, samtidig som det totale antallet pasienter økte. Iverksatte tiltak var (13):

- Fokus på egne rutiner i forhold til planlegging av pasientforløp.
- Reduksjon i liggetid.
- Flere dagpasienter.
- Overføre pasienter til hotell.

Det finnes flere ulike løsninger på korridorpasientproblemet. Flere sykehus har laget en buffer ved avdelinger ved å gjøre tilpasninger slik at et rom kan ta imot en person ekstra ved behov. Et annet tiltak er å opprette rutiner for å plassere pasienter i andre avdelinger med plass og kapasitet til gode (13). Dette gir imidlertid utfordringer i forbindelse med kvaliteten på pasientbehandlingen og ansvarsforhold mellom avdelinger.

Korridorpasienter i andre land

Korridorpasienter i sykehus er ikke et særnorsk fenomen. I land som Danmark, Sverige, Finland, Estland, Polen, Tyskland og USA er problemet velkjent (14).

Socialstyrelsen i Sverige utførte en korridorpasientundersøkelse ved 36 større sykehus i mars 2003 (15). Den resulterende rapporten konkluderte med at 30 sykehus totalt hadde 244 korridorpasienter, og at 18 sykehus hadde pasienter lokalisert i andre avdelinger enn der de var innskrevne. 31 sykehus hadde dokumenterte rutiner og handlingsplaner for korridorpasientsituasjoner. Det kom fram at tilfeller med korridorpasienter forekom flere ganger per uke, og mest ved de medisinske avdelingene.

I en artikkel av H. Piene i Tidsskrift for Den norske legeforening beskriver utviklingen i England. England har hatt en lik utvikling med korridorpasienter som i Norge, med kortere liggetider og reduksjon i antall sykehussenger (16). Sengeutnyttelsesgraden i engelske sykehus var imidlertid på ca. 75 % i år 2000, mens den i Norge var på over 95%.

Pasientlovgivning

Norske pasienters rettigheter er hjemlet i *Lov om pasientrettigheter (Pasientrettighetsloven)* av 1999 (17). Loven sikrer grunnleggende pasientrettigheter i både kommunehelsetjenesten og spesialhelsetjenesten. Viktige rettigheter er (17):

- rett til øyeblikkelig hjelp
- rett til nødvendig helsehjelp
- rett til vurdering av helsetilstand innen 30 dager etter henvisning til sykehus
- rett til raskere vurdering ved mistanke om alvorlig sykdom
- rett til å velge sykehus
- rett til syketransport

Pasientrettighetslovens § 2.1 sikrer pasienter rett til øyeblikkelig hjelp, samt rett til nødvendig helsehjelp i både kommunal- og spesialhelsetjenesten (17). Korridorpasienter i sykehus reguleres av både brannlovgivning og lovverk som gir pasienter rettigheter til øyeblikkelig hjelp. Disse lovverkene kommer i konflikt når pasienter plasseres i korridor og hindrer frie rømningsveier i sykehus. Brannvesenet har ved flere anledninger gitt sykehus dagbøter i tilfeller med korridorpasienter, men uten en vedvarende effekt (7). Sykehusets plikt til å gi pasienter behandling og øyeblikkelig hjelp i henhold til Pasientrettighetsloven vurderes som overordnet brannsikringskrav i Brann- og eksplosjonsvernloven (avsnitt 2.2.4) (18).

Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern (DBE) uttalte seg om forholdet mellom sykehusloven og brannloven i et brev til Kommunal- og arbeidsdepartementet i 1987 (19). I brevet går det fram at sykehusloven og brannloven må gjelde side om side, og at konflikter mellom lovgivningene bør løses gjennom realistiske helhetsvurderinger. Andre momenter i uttalelsen fra DBE var (19):

- DBE presiserer at sykehusets ledelse er forpliktet til å følge brannforskriftene, og at dette best kan gjennomføres med et kontinuerlig samarbeid med brannvesen. Brannvesenet må veilede sykehusene for å oppnå størst mulig sikkerhet.
- Når brannvesenet ikke får gjennomslag for pålegg må reaksjonsmidler i henhold brannloven tas i bruk ovenfor sykehus som ved øvrige tilsynsobjekter.

- Korridorpasienter kan ikke aksepteres som permanente sykerom. I spesielle situasjoner, og kortvarig tidsrom kan det imidlertid være nødvendig å plassere pasienter i korridor. Det må da forutsettes frie rømningsveier og beredskapsplaner for disse situasjonene.
- Pålegg om fjerning av korridorpasienter i sykehus bør utformes slik at det tas hensyn til sykehusets normale driftsituasjon, og dermed akseptere et varierende antall korridorpasienter. Tilfredsstillende brannsikkerhet bør oppnås gjennom organisering av den daglige driften.
- DBE anser det som uakseptabelt at det plasseres pasienter i korridorer derom romkapasiteten i avdelingen ikke er fullt utnyttet, med mindre det kommer i konflikt med etisk drift av sykehuset. Tungvindt arbeidssituasjon for sykehusbetjeningen kan ikke gjelde som grunnlag for å plassere pasienter i korridor.

Brannvesenet kan med loven i hånd kreve pasienter fjernet fra korridor i henhold til Brann- og eksplosjonsvernloven, samt hjemle krav om tiltak og planlegging for å fjerne korridorpasienter i henhold til internkontrollforskriften. Kravene blir imidlertid trumfet av pasientenes rettigheter til øyeblikkelig hjelp. Det er derfor nødvendig å etablere føringer for hvordan korridorpasientproblemet skal håndteres i forhold til gjeldende brannsikkerhetskrav for sykehus.

1.1.3 Uttalelser fra brannvesen

Et enkelt spørreskjema ble sendt ut til Trøndelag brann- og redningstjeneste IKS, OBRE(Oslo), Bergen brannvesen og Molde brann- og redningstjeneste for uttalelser om brannsikkerhet i sykehus og problematikken rundt korridorpasienter(se vedlegg 10.4). Svar ble mottatt fra alle kontaktede brannvesen unntatt OBRE. Disse brannvesenene ble valgt ut fordi de fører tilsyn med både eldre og nye sykehus som statistisk sett har korridorpasienter, og samtidig har ulik utforming og pasientbelastning.

Følgende kan trekkes ut av svarene mottatt fra de nevnte brannvesen:

- Brannvernopplæring av ansatte og generelle brannøvelser er i stor grad gjennomført og dokumentert, men ikke helt 100 %. Trøndelag brann- og redningstjeneste svarer at brannvernledere sier at brannøvelser med korridorpasienter er gjennomført. Dette er imidlertid ikke dokumentert.
- Omfang av korridorpasienter ved sykehusene er betydelig, og avdekket gjentatte ganger. Ved St. Olavs Hospital er det ikke avdekket korridorpasienter i de nye sykehusbyggene, mens den eldre bebyggelsen har korridorpasienter.
- Brannsikkerheten til korridorpasienter håndteres med interne rutiner ved sykehusene, i form av organisatoriske tiltak og evakueringsrutiner. Et eksempel er opprettelse av ekstra nattevakt i perioden 23:00 – 07:00 når avdelingen har korridorpasienter, som skal påse at rømningsveier holdes frie.
- Brannvesen stiller ved tilsyn krav om utført risikovurdering av brannsikkerhet og korridorpasienter ved den enkelte avdeling. Dette er i varierende grad gjennomført.

Det kreves også systemer for å håndtere situasjoner med korridorpasienter på en slik måte at personsikkerheten til enhver tid ivaretas, og uforsvarlige forhold med korridorpasienter og andre hindringer i rømningskorridorer unngås.

- På spørsmål om hva brannvesenet vurderer som de største problemene/utfordringene med hensyn til brannsikkerhet i sykehus nevnes følgende forhold:
 - o Brannvernopplæring og øvelser for vikarer og nyansatte.
 - o Frie og ryddige rømningsveier.
 - o Dokumentering av brannsikkerhetstiltak.
 - o Lav bemanning på nattevakter.
 - o Evakuering av sengeliggende pasienter.
 - o Manglende brannskiller i eldre sykehusbygg.
 - o Systematisk arbeid med internkontroll av brannsikkerhet.
 - o Korridorpasienter.

1.2 Målsetning

Målsettingen med denne oppgaven er å undersøke brannsikkerhet i sykehus, med spesielt fokus på problemstillinger rundt korridorpasienter og brann. Dette gjøres ved å:

- kartlegge og sammenligne brannstatistikk, gjeldende brannlovgivning og preaksepterte løsninger for sykehus i Norge, Sverige og Danmark.
- undersøke hva ulike instanser som helseforetak, sykehus og brannmyndigheter vurderer som de største problemene/utfordringene med hensyn til brannsikkerhet i sykehus og korridorpasienter.
- undersøke hvilke faktorer som er avgjørende for utfallet av branntilløp i slike bygninger, ved å se på granskningsrapporter fra kjente branner.
- beskrive brannteknisk problemstillinger og branntekniske løsninger i sykehus.
- gjennomføre en forenklet analyse av brannsikkerheten i en gitt sykehusavdeling.

1.3 Begrensninger

Oppgaven fokuserer på brannsikkerhet i norske sykehus, med fokus på korridorpasienter. Dette er bygninger i risikoklasse 6 med heldøgns pleie og omsorg.

Gjeldende brannlovgivning for sykehusbygg i Norge, Sverige og Danmark presenteres i oppgaven. Hovedfokus rettes mot norsk brannlovgivning.

Undersøkt brannstatistikk fokuserer på norsk statistikk fra DSB og Statistisk Sentralbyrå i perioden 1999-2009. Brannlovgivning og statistikk for Sverige og Danmark undersøkes for å få et innblikk i nordiske land med lik lovgivning og helsetjeneste. For Sverige og Danmark er kun overordnet brannstatistikk undersøkt.

Inntrufne branner i norske sykehus og pleieinstitusjoner undersøkes.

En forenklet analyse av brannsikkerheten i en gitt medisinsk avdeling gjennomføres. Analysen begrenses til brannsikkerheten i avdelingen, og ikke hele sykehusbygget. Aktuell avdeling antas å representere en generell sykehusavdeling med en enkelt korridor med tilgrensende pasientrom på hver side. Analysen vil bestå av beregninger av brann- og røykspredning ved hjelp av en tosonemodell, forenklet evakueringsberegning samt en risikoanalyse med et risikoanalyseverktøy utviklet for pleieavdelinger. Første evakueringsfase undersøkes, hvor det forutsettes horisontal evakuering.

Brannsikkerhetsanalysen vil ikke undersøke alle mulige brannscenarier i en sykehusavdeling, og resultatene kan kun antas å representere forhold ved generelle pleieavdelinger, og ikke spesialavdelinger (operasjon, intensiv osv.). Økonomisk analyse er ikke gjennomført.

1.4 Metode

Grunnlaget for oppgavens bakgrunnsmateriale med hensyn til brannsikkerhet sykehus og korridorpatienter er undersøkt ved hjelp av litteratur. Anvendt materiale er hentet fra forskningsinstitusjoner og universiteter, samt fra ulike offentlige instanser og intervju med ansatte i sykehus. En enkel spørreundersøkelse rettet mot brannvesen er utført.

Rammebetingelser for brannlovgivning i Norge, Sverige og Danmark er undersøkt gjennom offentlige internettsider til de respektive landene, samt omtale av disse i ulike forskningsrapporter. Synspunkter rundt fortolkning av norsk brannlovgivning er mottatt via kontakt i DSB.

Presentasjon av norsk brannstatistikk er hovedsakelig basert på mottatt statistikk fra DSB. Denne statistikken inneholder brannstatistikk for sykehus og pleieinstitusjoner inndelt i næringskoder. Tallmaterialet blir analysert med hensyn på antall branntilløp, antall omkomne samt brannårsaker. Statistikk for pleieinstitusjoner er undersøkt som sammenligningsgrunnlag for sykehus, da slike bygninger har lignende branntekniske forhold som enkelte sykehusavdelinger. Overordnet statistikk er hentet fra DSB sin internettside. Statistikk om den norske helsetjenesten er basert på tall fra Statistisk sentralbyrå. Til sammenligning er overordnet brannstatistikk fra Sverige og Danmark presentert med tallmateriale fra Nordstat.

Inntrufne branner i sykehus og pleieinstitusjoner er undersøkt for å avdekke hvordan brannforløp i slike bygningstyper kan skje. Materialet baseres på litteratursøk i granskningsrapporter og medieoppslag. Arbeidet med beskrivelse av branntekniske utfordringer og tiltak i sykehus er basert på offentlige skriv fra brann- og helsemyndigheter, intervju med ansatte i sykehus samt tekniske anbefalinger fra brannlovgivning og forskningsmiljøer.

Analyse av brannsikkerhet i sykehusavdeling utarbeides ved hjelp av beregningsprogrammer og håndberegninger. Brann- og røykspredning beskrives med en tosonemodell, og evakueringsanalyse gjøres med håndberegninger. Forenklet risikoanalyse utføres ved hjelp av et risikoanalyseverktøy basert på indekismetoden. Forutsetninger og inngangsdata til beregningene baseres på faktiske forhold i besøkt sykehusavdeling, samt tallmateriale og forutsetninger brukt i lignende analyser utført av ulike forskningsmiljøer.

1.5 Oppgavens struktur

Oppgaven har en femdelt struktur:

Del	Kapittel
Grunnlag	1
Lovgivning og statistikk	2, 3
Brannsikkerhet	4
Analyser	5, 6, 7
Resultater	8, 9

2 Brannlovgivning

Brannsikkerheten i sykehus reguleres av gjeldende lands lover og forskrifter. Dette kapittelet omhandler hovedsakelig brannlovgivning i Norge, og ser på gjeldende lover og forskrifter og utdrag fra disse. Danmark og Sverige er land som har en lignende helsetjeneste som i Norge, og som på lik linje med Norge har implementert regler fra EU-direktiv i sin brannlovgivning. Der er derfor interessant å sammenligne norsk brannlovgivning med lovgivning i Sverige og Danmark, når brannsikkerhet i sykehus skal beskrives.

2.1 Grunnlag

Sikkerhet for mennesker, verdier, samfunn og miljø styres av nasjonale lover, forskrifter, veiledninger og standarder. Medlemsland i EU og EØS er bundet til å tilpasse bygningslovgivningen til direktiver og rettsakter fra EU. Bakgrunn for harmonisering av lovgivningen er å sikre fri flyt av byggevarer innen EU og EØS området, samt fjerne tekniske handelshindringer og sikre en minstestandard for miljø og sikkerhet (20). Sikkerhetsnivået i det enkelte land er imidlertid et nasjonalt anliggende, og hvert land bestemmer sitt sikkerhetsnivå ut fra egne lover og forskrifter.

Funksjonskrav til brannsikkerhet angis i det Europeiske Byggevaredirektivet vedlegg 1 og tilhørende Basisdokument 2: Brannsikring (21) (22):

”Bygget skal planlegges og oppføres på en slik måte at man i tilfelle brann vil:

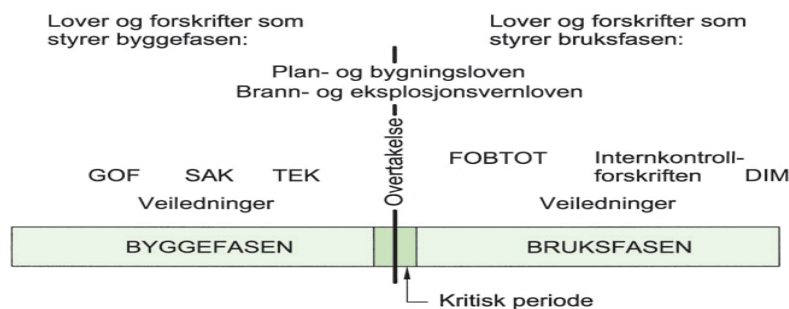
- kunne regne med byggets bæreevne i et bestemt tidsrom
- få en begrenset utvikling og spredning av brann og røyk i bygget
- kunne begrense spredning av brannen i tilstøtende bygg
- kunne evakuere beboere uskadd fra bygget eller redde dem på annen måte
- kunne ta hensyn redningsmannskapenes sikkerhet”

2.2 Norsk brannlovgivning

I Norge reguleres brannsikkerhet hovedsakelig av *Plan- og bygningsloven* og *Brann- og eksplosjonsvernloven*, med tilhørende forskrifter og veiledninger.

Regelverket er gjeldende for ulike byggefaser, og kan overordnet deles inn i:

- Lover og forskrifter som gjelder i byggefase.
- Lover og forskrifter som gjelder i bruksfase.



Figur 3 Regelverk i byggefase og bruksfase (4)

Byggefase og bruksfase skiller ved overtakelse av bygget på første bruksdag. Gjeldende forskrifter som regulerer brannsikkerhet endres da fra *Teknisk forskrift til plan- og*

bygningsloven (TEK), *Forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesaker* (SAK) og *Forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett* (GOF), til *Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn* (FOBTOT), Internkontrollforskriften og Dimensjoneringsforskriften (DIM) (23).

2.2.1 Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven (PBL) av 1985 angir byggesaksbestemmelser, og administreres av Kommunal- og regionaldepartementet. Loven omfatter overordnede regler for offentlig byggesaksbehandling, gjennomføring av byggesaker samt sanksjonering av ulovlig arbeid (24).

Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk (TEK: teknisk forskrift) er utarbeidet med hjemmel i PBL, og er en viktig forskrift for brannteknisk utførelse og saksbehandling (25).

2.2.2 Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK)

Teknisk forskrift av 1997 angir minimumskrav myndighetene har satt for brannsikkerhet i bygninger. Funksjonskravene gitt i forskriften er generelle kvalitative formuleringer basert på behovet for brannsikkerhet i ulike bygningstyper. Kravene stilt i TEK angir ikke hvordan bygninger skal utformes eller utføres, men angir nødvendige funksjonskrav for tilfredsstillende brannsikkerhet (23).

TEK er utarbeidet etter bestemmelser i det Europeiske Byggeveredirektivet, som medlemsland i EU- og EØS er pålagt å følge. Funksjonskrav for brannsikkerhet er angitt i forskriftens kapittel 5 og 7 (26):

- Kapittel 5, §5-11 stiller krav til produkter i byggverk. Det kreves at byggeprodukters branntekniske egenskaper skal kunne dokumenteres i henhold til spesifikasjoner i Byggeveredirektivet, for å sikre minstekrav til brannsikkerhet (26):

”Enhver byggevare som omfattes av Byggeveredirektivet, Rdir. 1989/106/EØF om tilnærming av medlemsstatenes lover og forskrifter vedrørende byggevarer, skal ha slike egenskaper som, når de er forsvarlig benyttet, medvirker til at byggverk tilfredsstillende de grunnleggende krav til brannsikring”

- Kapittel 7-2 i TEK setter krav til bygningers brannsikkerhet med hensyn på personer, materiell og samfunn:

” § 7-2. Sikkerhet ved brann

§ 7-21. Dokumentasjon ved brann

§ 7-22. Risikoklasser og brannklasser

§ 7-23. Bæreevne og stabilitet ved brann

§ 7-24. Antennelse, utvikling og spredning av brann og røyk

§ 7-25. Tilrettelegging for slokking av brann

§ 7-26. Brannspredning mellom byggverk

§ 7-27. Rømning av personer

§ 7-28. Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap”

§7-21 åpner for at brannsikkerhet i bygg kan dokumenteres på to måter (26):

”- ved at byggverket utføres i samsvar med preaksepterte løsninger, eller

- ved analyse og/eller beregninger som dokumenterer at sikkerheten mot brann er tilfredsstillende. Analyse og/eller beregning skal simulere brannforløp og angi nødvendige sikkerhetsmarginer for de ugunstige forhold, som kan inntre ved bruk av byggverket. Det skal dokumenteres at anvendt analyse-/beregningsmetode er egnet til formålet og at dimensjonerende brannbelastning fremkommer ved anerkjente dokumenterbare metoder.”

Denne paragrafen åpner for at prosjekterende kan fravike fra preaksepterte løsninger i VTEK(se punkt 2.2.3), dersom det ved analyse kan vises at funksjonskravene i TEK blir tilfredsstillt. Analysen kan være både kvalitativ og kvantitativ, og innebærer ofte bruk av risiko- og sårbarhetsanalyser, eller bruk av avanserte beregningsmodeller.

Selv om TEK betegnes som en funksjonsbasert forskrift, inneholder forskriften enkelte detaljkrav. Et eksempel er forskriftskravet i §7-27 om rømningsveier som sier at (26):

”Fra branncelle skal det være minst én utgang til:

- sikkert sted, eller*
- rømningsvei som har to alternative rømningsretninger som fører videre til forskjellige rømningsveier eller sikre steder.”*

Et byggverk klassifiseres ut fra den risiko en brann kan innebære for skade på liv og helse(risikoklasse), samt ut fra den konsekvens en brann kan innebære for skade på liv, helse, miljø og samfunn(brannklasse). Sykehus er bygninger der en brann kan få svært alvorlige konsekvenser, da mange beboere ikke er i stand til å redde seg ut uten assistanse. Slike bygg må derfor prosjekteres i henhold til høyeste risikoklasse 6. Brannklasse bestemmes på bakgrunn av risikoklasse 6 og antall etasjer i bygget. Sykehus og større institusjoner(mer enn 5 etasjer) plasseres oftest i brannklasse 3 eller 4. §7-23 i TEK stiller da krav til at (26):

”Bærende hovedsystem i brannklasse 3 og 4 skal utføres slik at byggverket bevarer sin stabilitet og bæreevne gjennom et fullstendig brannforløp.”

TEK er en funksjonsbasert forskrift, og er grunnlaget for preaksepterte ytelsesnivåer for brannsikkerhet. Disse ytelsesnivåene har myndighetene gitt i *Veiledningen til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (VTEK)*.

2.2.3 Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven(VTEK)

Veiledningen til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (VTEK) angir ytelsesnivåer på bakgrunn av funksjonskravene gitt i TEK. Ytelsesnivåene er basert på empiri og løsninger som i praksis har vist seg gode nok, og er myndighetenes tolkning av funksjonskravene i TEK. Ved å følge ytelsesnivåene i VTEK vil funksjonskravene i TEK automatisk være tilfredsstillt (27).

Ytelsesnivåene i VTEK kan fravikes ved utforming av bygninger. Dette krever imidlertid utførlig dokumentasjon gjennom en analyse som viser at brannsikkerheten er ivaretatt.

Et viktig punkt i veiledningen er punkt 3a under §7-24 om brannceller. Her kreves at rømningsveier og sykerom i sykehus og pleieinstitusjoner utformes som egne brannceller. VTEK stiller også krav til bygningsdelers brannmotstand, samt materialbruk. Hvilke ytelser som kreves er i størst grad avhengig av hvilken brannklasse bygget er plassert i. Veiledningens §7-27 om rømning av personer viktig i bannteknisk prosjektering av sykehus og pleieinstitusjoner. Blant annet kreves det at (27):

”I bygninger med personer som ikke kan bringe seg selv i sikkerhet, for eksempel personer med nedsatt funksjonsevne eller personer med pleie- og omsorgsbehov, må det iverksettes særskilte tiltak for å ivareta sikkerhet ved rømning. Automatisk sløkkeanlegg vil være nødvendig dersom rømningssikkerheten ikke fortutsettes å bli ivaretatt fullt ut på annen måte.”

VTEK har altså ikke et krav om bruk av automatisk sløkkeanlegg i sykehus, men anbefaler bruk av det som særskilt sikkerhetstiltak. Fra 01.07.2010 gjelder imidlertid en ny byggeteknisk forskrift, *Forskrift om tekniske krav til byggverk* (28). Forskriftens §11-12 om tiltak for å påvirke rømnings- og redningstider krever:

”(1) I byggverk beregnet for virksomhet hvor rømning og redning kan ta lang tid, skal det brukes aktive tiltak som øker den tilgjengelige rømningstiden. Følgende skal minst være oppfylt:

- a) Byggverk, eller del av byggverk, i risikoklasse 4 hvor det kreves heis, skal ha automatisk brannsløkkeanlegg. Deler av et byggverk med og uten automatisk sløkkeanlegg skal være ulike brannseksjoner.*
- b) Byggverk i risikoklasse 6 skal ha automatisk brannsløkkeanlegg.”*

I den nye byggetekniske forskriften kreves det automatisk sløkkeanlegg i sykehus. Dette er en vesentlig skjerping av krav med hensyn på sprinkleranlegg i sykehusbygg i forhold til tidligere forskriftskrav.

Et annet krav er (27):

”..rømningsvei må være egen branncelle som er tilrettelagt for sikker rømning og må på en oversiktlig måte føre til sikkert sted.” Med sikkert sted menes terreng eller annen brannseksjon.

Ved evakuering kan ikke heis eller rulletrapp være del av rømningsvei. Dette er en utfordring for sykehus og pleieinstitusjoner som er utformet som etasjebygg, og som må evakuere sengepasienter. §7-24 ivaretar dette ved (27):

”Bygninger i risikoklasse 6 beregnet for sykehus og pleieinstitusjoner, må deles vertikalt i minimum to brannseksjoner, slik at sengepasienter kan forflyttes/ evakueres horisontalt til sikkert sted i tilfelle brann.”

Etter veiledningens §7-25 - §7-27 kreves det for bygg i risikoklasse 6 (27):

”Bygning beregnet for virksomhet i risikoklasse 5 og 6 må ha ledesystem”

”Bygninger i risikoklasse 6. I bygninger som har vaktordning må brannalarmanlegget gi signal til plass bemannet med personell med ansvar for assistert rømning.”

”Bygninger i risikoklasse 3, 5 og 6 hvor det er trykkvann, må ha brannslange. Dersom det ikke er tilgang på tilstrekkelig mengde vann, må bygningen ha håndslukkeapparater”

”I bygninger hvor transport av sengeliggende personer er nødvendig, må bredden av rømnings-vei tilpasses dette.” Institusjoner og sykehus med korridorpasienter kommer ofte i konflikt med dette forskriftskravet.

De tekniske løsningene i VTEK beskriver et minimum sikkerhetsnivå. På bakgrunn av disse løsningene er det imidlertid vanskelig å definere nøyaktig hvilken sikkerhet som oppnås, og i hvilken grad brannsikkerheten er forskjellig for ulike bygningstyper.

2.2.4 Brann- og eksplosjonsvernloven

Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven) av 2002 er en rammelov som stiller krav til forebyggende brannvernarbeid, internkontroll og regelmessig branntilsyn (29):

”Loven har som formål å verne liv, helse, miljø og materielle verdier mot brann og eksplosjon, mot ulykker med farlig stoff og farlig gods og andre akutte ulykker, samt uønskede tilsiktede hendelser.”

Brann- og eksplosjonsvernloven gjelder hele samfunnet, og stiller krav til både allmennheten og myndigheter. Loven fokuserer på brannvernansvaret til bygningseier og bruker, samt brannvesenets oppgaver og ansvar.

Sykehus kategoriseres som særskilte brannobjekter etter §13 i brann og eksplosjonsvernloven. Dette setter skjerpede krav til brannsikkerhet gjennom tekniske- og organisatoriske tiltak, samt internkontroll av brannvernrutiner og opplæring av ansatte/brukere (29):

” §13 ... ”

”Kommunen skal identifisere og føre fortegnelse over byggverk, opplag, områder, tunneler, virksomheter m.m. hvor brann kan medføre tap av mange liv eller store skader på helse, miljø eller materielle verdier.”

2.2.5 Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn(FOBTOT) med veiledning

Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn av 2002 (30) er hjemlet i Brann- og eksplosjonsvernloven og gjelder fra første bruksdag. For særskilte brannobjekter stilles det skjerpede krav til at brannsikkerheten blir ivaretatt i form av tekniske og organisatoriske tiltak, blant annet:

- Organisering av brannvernarbeidet og rutiner for dette.
- Opplæring av brannvernleder, ansatte, brukere.
- Rutiner for regelmessige brannøvelser.
- Brannsikkerhetsstrategi, samt branntegninger.
- Risikoanalyse.
- Dokumentasjon av brannsikkerhet i form av egenkontroll samt kontroll utført av kvalifisert personell.

§2-1 til §2-2 i FOBTOT setter generelle krav til bygningseier samt virksomhet/brukere av bygg:

”Eier av ethvert brannobjekt skal sørge for at dette er bygget, utstyrt og vedlikeholdt i samsvar med gjeldende lover og forskrifter om forebygging av brann.”

”Virksomhet/bruker skal påse at bygningstekniske brannverntiltak og øvrige sikringstiltak ikke forringes. Virksomhet/bruker skal rapportere til eier alle forhold av betydning for brann sikkerheten.”

Et viktig forskriftskrav er at eiers forpliktelser og ansvar for brann sikkerhet ikke kan fraskrives gjennom avtale. Eier kan likevel delegere brannvern arbeidet til en *brannvernleder*, som da handler på vegne av eier (30).

Sykehus og pleieinstitusjoner klassifiseres som type (a) særskilte brannobjekt. Brannvesenet er etter forskriftens § 6-3 pliktig til å føre tilsyn med slike bygg minst en gang i året (30):

”a. bygninger og områder hvor brann kan medføre tap av mange liv.”

§3-5 stiller et viktig forskriftskrav om vaktordning sykehus og pleieinstitusjoner. Paragrafen tar hensyn til at pasienter/brukere av slike bygg har nedsatt reaksjonsevne ved brann, og ofte behov for assistanse ved rømning (30):

”På overnattingssteder, sykehus og pleieinstitusjoner skal det være vaktordning som står i forhold til risikoen i objektet. I slike bygg med mer enn 50 sengeplasser skal det være fast nattevakt eller annen likeverdig overvåkning.”

Forskriften gir grunnlaget for hvordan brannforebyggende tiltak og tilsyn skal utføres i alle typer byggverk, og stiller krav til eier, bruker og tilsynsmyndighet. §2-1 i forskriften stiller generelle krav til eier (30):

”Sikkerhetsnivået i eldre bygninger skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Oppgraderingen kan skje ved bygningstekniske tiltak, andre risikoreduserende tiltak eller ved en kombinasjon av slike.”

Hva ”samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger” innebærer, er ikke formulert i forskriften. Dette er et problem når brann sikkerheten i eldre bygg skal dokumenteres ved analyse, da det ikke finnes en norm på hva som kvantitativt er akseptabelt brann sikkerhetsnivå. I dag betyr derfor ”samme nivå som for nyere bygninger” i praksis funksjonskravene i TEK. Det eksisterer derfor et behov for å kunne kvantifisere brann sikkerhetsnivået i sykehus.

Hva som er innenfor praktisk og økonomisk forsvarlig ramme for oppgradering av brann sikkerhet er heller ikke fast definert i forskriften, og åpner for ulik praktisering av forskriftskravene blant prosjekterende og brannmyndigheter.

Myndighetene er i gang med å utarbeide en regelverksendring i forebyggendeforskriften som skal tre i kraft i 2011. Her vil uklarhetene i § 2-1 bli behandlet. Tanken bak §2-1 er å stille brann sikkerhetskrav til eldre bygninger, slik at disse får tilnærmet likt sikkerhetsnivå som nye bygninger i forhold til både tekniske og organisatoriske løsninger (31).

2.2.6 Internkontrollforskriften

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter av 1996 er underlagt Arbeidsmiljøloven. Forskriften regulerer bruk av byggverk, samt arbeidsforhold, og gjelder både offentlige og private virksomheter (32).

Det stilles krav til at virksomheter skal kunne framlegge skriftlig dokumentasjon på farer i egen virksomhet. På bakgrunn av dette skal risiko vurderes, og planer for risikoreduserende tiltak utarbeides i henhold til § 5 (32):

- Fastsette mål for helse, miljø og sikkerhet.
- Oversikt over hvordan ansvar, oppgaver og myndighet for arbeidet med helse, miljø og sikkerhet er fordelt.
- Kartlegge farer og problemer, og på bakgrunn av dette vurdere risiko og utarbeide planer for risikoreduserende tiltak.
- Foreta systematisk internkontroll for å oppdage og lukke avvik i forhold til lovgivningen.

Forskriften krever dokumentasjon på at forskriftskrav etterleves i alle virksomheter, ved hjelp av systematisk HMS arbeid. I praksis kan dette tilfredsstilles ved å behandle alle virksomheter som særskilte brannobjekt (33).

2.2.7 Dimensjoneringsforskriften

Forskrift om organisering og dimensjonering av brannvesen av 1995 gir grunnlag for dimensjonering av brannvesenet ut fra risikobildet i kommunen. Forskriften fokuserer på kvaliteten i brannvesenets forebyggende brannvern og beredskap (23).

Dimensjoneringsforskriften kan gi begrensninger i forhold til plassering og utforming av bygninger. For sykehus og annen bebyggelse med stor konsekvenser ved brann gjelder krav for brannvesenets innsatstid på 10 minutt. Sykehus kan ligge utenfor innsatstidskravet dersom de er spesielt godt ivaretatt i form av brannforebyggende tiltak (31).

2.2.8 Temaveiledninger

Temaveiledninger fra Statens Byggetekniske Etat (BE), Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), Norsk Standard og Byggforsk brukes som referanser og preaksepterte løsninger ved dokumentasjon av brannsikkerhetsnivået i bygg (34).

2.3 Brannlovgivning i Sverige

Brannlovgivningen i Sverige er harmonisert med det Europeiske Byggevaredirektivet, og er utformet på samme måte som i Norge. *Lag (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m.* (BVL) er den delen av den svenske plan- og bygningsloven som regulerer tekniske krav til bygninger og bygningsmaterialer (35).

Förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (BVF) stiller forskriftskrav til byggverk (36). Forskriftskravene til brannvern tilsvarer kravene i det Europeiske Byggevaredirektivet (se punkt 2.1):

”Byggnadsverk skall vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att

1. byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid,
2. utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas,

3. spredning av brand till nærliggande byggnadsverk begrænsas,
4. personer som befinner sig i byggnadsverket ved brand kan læmna det eller ræddas på annat sätt, och
5. ræddningsmanskapets säkerhet ved brand beaktats.”

2.3.1 Boverkets Byggregler (BBR)

Boverkets Byggregler (BBR) (37) er en byggeforskrift der kravene siden 1994 har blitt utformet som funksjonskrav. Forskriftens kapittel 5 angir funksjonskrav for brannsikkerhet og tilhørende ytelsesnivå kalt ”Allmänt r d”, med hjemmel i den svenske Plan- og byggeloven. Ytelsesnivåene i BBR angir myndighetenes minimumskrav på samme måte som i norske VTEK. Dersom forskriftskravene i BBR fravikes, gir forskriften mulighet til   dokumentere brannsikkerheten ved analyse på lik linje med TEK (37).

Etter BBR deles bygg i brannklasser Br1, Br2 eller Br3, der Br1 er strengeste klasse. Sykehus og pleieinstitusjoner klassifiseres som Br1 bygg (37):

”F ljande byggnadermedtv  våningsplan bør utf rasi klassBr1:

–Byggnader avsedda f r sovande som inte förväntas ha god lokalk nedom.

–Byggnader avsedda f r personer som har små f ruts tningar att själva sätta sig i säkerhet.”

Spesielt for sykehus og pleieinstitusjoner gjelder det i punkt 5:373 (37):

”Utrymningsvägar i v rdanl ggning f r utgöras av passage genom angränsande brandcell, om detta inte hindrar räddningstjänstens insatsmöjligheter. Passage mellom skilda vårdavdelningar ska kunnaske utan att brandgas sprider sig till den icke brandutsatta avdelningen.

I vårdanläggningar, utom förskolor och liknande, ska finnas anordningar för tidig upptäckt av brand. (BFS 2005:17).”

Det betyr at rømningsveier kan gå gjennom avgrensede brannceller, og også mellom adskilte avdelinger.

I bygninger for personer med s rskilte pleiebehov krever punkt 5:375 i BBR (37):

”I byggnader f r särskilda boenden f r personermed vårdbehov ska det finnas utrymningslarm och anordningarf r tidig upptäckt av brand. (BFS 2005:17).”

Punkt 5:672 krever at avdelinger i sykehus og pleieinstitusjoner utf res som egne brannceller (37):

”I vårdlokaler utom förskolor och liknande ska varje vårdavdelning, operations-avdelning eller annan funksjonell enhetutformas som egen brandcell.”

Punkt 5:311-5:312 krever på lik linje med VTEK to uavhengige rømningsveier i bygg. I bygg for personer med pleiebehov kan imidlertid ikke vindu fungere som rømningsvei (37):

”Bost der och lokaler, utøver de somavses i avsnitt 5:313, d r personer vistas mer  n tillf lligt ska ha minst tv  av varandra oberoende utrymningsv gar. Om

bostaden eller lokalen har fler än ett våningsplan, ska det finnas minst en utrymningsväg från varje plan.”

BBR stiller i stor grad like krav til brannsikkerhet i sykehus og pleieinstitusjoner sammenlignet med TEK og VTEK. I BBR er imidlertid forskriftens funksjonskrav og minimums ytelsesnivå knyttet nærmere sammen.

Den svenske brannlovgivningen har ikke tilbakevirkende kraft (38). Det betyr at bygg minst må oppfylle de brannsikkerhetskrav som var gjellende ved oppføring, med mindre større byggeendringer eller bruksendring er utført. I dag gjelder funksjonskravene i BBR ved nyoppføring av bygg.

2.3.2 Rådningstjänstförordningen

Rådningstjänstförordningen (39) av 1986 omhandler krav til dimensjonering redningstjenesten, deriblant brannvesen og brannvesenets plikter. Det kreves blant annet at det føres regelmessig branntilsyn og brannforbyggende arbeid ved sykehus og pleieinstitusjoner. Forskriften har hjemmel i *Rådningstjänstlag* (40), som tilsvarer den norske Brann- og eksplosjonsvernloven.

Lag (2003:778) om skydd mot olyckor (41) med tilhørende forskrift *Förordning (2003:789) om skydd mot olyckor* (42) omhandler brannvern, og pålegger myndighetene brannberedskap og å utføre tilsyn ved særskilte brannobjekter.

2.4 Brannlovgivning i Danmark

Brannlovgivningen i Danmark implementerer også reglene i det Europeiske Byggevederdirektivet. *Byggeloven* (43) av 1995 er en rammelov på samme måte som den norske *Plan- og bygningsloven*, og formulerer overordnede mål med byggelovgivningen.

2.4.1 Bygningsreglementet (BR08)

Med hjemmel i *Byggeloven* er *Bygningsreglementet* BR08 (44) utgitt. Dette er en kombinert byggeforskrift og veiledning, utformet som henholdsvis tekniske funksjonskrav og myndighetenes minimum ytelsesnivå. Forskriften utdyper lovbestemmelsene i *Byggeloven*, og implementerer byggeregler fra EU. BR08 erstatter tidligere forskrifter, *Bygningsreglement for erhvervs- og etagebyggeri* av 1995 (BR95) og *Bygningsreglement for småhuse* av 1998 (BR98) (44)

Forskriftskrav til brannsikkerhet behandles i kapittel 5 i BR08. Punkt 5.1 BR08 klassifiserer bygg i anvendelseskategorier ut fra virksomhet og brukere av bygget. Sykehus og pleieinstitusjoner plasseres i strengeste anvendelseskategori 6 (44), som tilsvarer risikoklasse 6 etter norsk lovgivning.

Punkt 5.2 i BR 08 stiller følgende krav til muligheter for evakuering (44):

”En bygning skal udformes, så evakuering let og betryggende kan ske via flugtveje eller direkte til det fri. Evakuering skal ske til terræn i det fri eller til et sikkert sted i bygningen.

”Døre i flugtveje skal i bygningens brukstid være lette at åpne uten bruk af nøgle eller værktøj. Døre i flugtveje, som skal anvendes af mange personer, skal åpne i flugtreningen.”

Mange personer blir i veiledningsteksten definert som flere enn 150 personer i forbindelse med evakuering og bredde på rømningsvei.

Forskriftens punkt 5.4-15 stiller særskilte krav til bygninger i anvendelseskategori 6, som tilsvarer norske og svenske forskriftskrav (44):

”1) Slangevinder.

2) Automatisk brandalarmanlæg som skal udføres, så der kan ske varsling af personale.

3) Automatisk sprinkleranlæg hvis bygningen har soverumsafsnit og har et samlet etageareal større end 1.000 m² og er i mere end 1 etage. Anlægget udføres, så der kan ske varsling af personale.

4) Flugtvejs- og panikbelysning hvis bygningen er i mere end 1 etage eller har et soverumsafsnit med et etageareal større end 1.000 m².”

Den danske brannlovgivningen har krav om at brannsikkerheten i et bygg skal opprettholdes i forhold til gjeldende forskriftskrav ved oppføring, med mindre større ombygging eller bruksendring av bygget utføres.

2.4.2 Veiledninger

Det er ut over veiledningsteksten i BR08 utarbeidet to veiledninger til funksjonskravene for brannsikkerhet, *Eksempelsamling om brandsikring af byggeri* (45) og *Information om brandteknisk dimensionering* (46).

Eksempelsamling om brandsikring af byggeri (45) inneholder ytelsesnivå for dokumentasjon og brannsikring av tradisjonelle bygg, for å tilfredsstille funksjonskrav i *Bygningsreglementet*.

Eksempelsamlingens kapittel 2.1 definerer, som i norsk veiledning, sikkert sted som (45):

”Et sikkert sted i bygningen kan være en anden brandmæssig enhed, som f.eks. en anden brandsektion, hvorfra der er adgang til flugtvej eller direkte til terræn i det fri.”

Kapittel 2.2 i eksempelsamlingen stiller krav til 2 separate rømningsveier, lik norske og svenske krav. Kapittel 2.4 stiller krav til bredder i rømningsveier og til dører i bygg hvor sykesenger benyttes (45):

”Fra opholds- eller beboelsesrum i anvendelseskategori 6, hvor der op- stilles hospitalsenge, er det vigtigt, at disse kan passere gennem døren til flugtvejsgangen. I de fleste tilfælde vil en hospitalseng kunne passere en dør med en fri bredde på 1,2 m”.

”Ved bygningsafsnit i anvendelseskategori 6 er det desuden vigtigt, at en bære og en brandmand kan passere hinanden i flugtvejsgangen. Dette hensyn vil normalt være tilgodeset, hvis gangen har en fri bredde på 1,8m. I nogle tilfælde, som f.eks. hospitaler, kan der være behov for, at tohospitalsenge kan passere hinanden, og i så tilfælde bør den frie bredde

af flugtvejsgange mindst være 2,4 m.”

Eksempelsamlingens kapittel 5.2.4 stiller krav til at ”*sengestue på sygehus eller plejeinstitution*” utformes som egen branncelle (45).

Information om brandteknisk dimensionering (46) fungerer som veiledning ved brannteknisk dimensjonering på bakgrunn av beregninger og analyse.

2.4.3 Beredskapsloven med veiledninger

Beredskapsloven (47) stiller krav til myndighetenes brannforebyggende tiltak og beredskap, samt bygningseiers plikter.

Lovens §33 (47) med veiledninger stiller skjerpede brannsikkerhetskrav til sykehus og pleieinstitusjoner som særskilte brannobjekt. Den danske lovgivningen er tilnærmet likt utformet som i den norske Brann- og eksplosjonsvernloven med veiledninger.

Bekendtgørelse om brandsyn og offentliggørelse af resultater af brandsyn foretaget i forsamlingslokaler (48) er hjemlet i *Beredskapsloven* og stiller krav til myndighetens brannforebyggende tiltak og tilsyn. I bilaget punkt 2.1 fastsettes det at branntilsyn skal utføres 1 gang i året for pleieinstitusjoner med mer enn 10 senger (48).

Forskriften *Bekendtgørelse om brandværnsforanstaltninger i hoteller m.v., plejeinstitutioner, forsamlingslokaler, undervisningslokaler, daginstitutioner og butikker* (49) stiller forebyggende brannsikkerhetskrav til eier og bruker(personale) av sykehus og pleieinstitusjoner i driftsfase. Forskriftens §3 stiller krav til at drifts- og vedlikeholdsplan for brannsikkerhet som blant annet skal inneholde (49):

- Informasjon om personbelastning.
- Evakueringsplan og vedlikehold av rømningsveier.
- Brannvernopplæring for ansatte.
- Egenkontroll av- og rutiner for brannvern
- Internkontroll for å tilfredsstille forskriftskrav.

2.5 Preaksepterte løsninger for sykehus

Preaksepterte løsninger representerer myndighetenes tolkning av byggeforskriftenes krav til brannsikkerhet, og representerer løsninger som i praksis har vist seg gode nok. Disse løsningene vil tilsvare ytelsesnivå som automatisk tilfredsstiller funksjonskrav i byggeforskriftene. Her presenteres preaksepterte ytelsesnivå for sykehuskorridor og pasientrom i Norge, Sverige og Danmark.

De tre landene har de samme definisjoner i forhold til:

- Dører i branncellebegrensende vegg eller seksjoneringsvegg skal som hovedregel ha samme brannmotstand som veggen.
- Vanlige heiser kan ikke benyttes ved brann.
- Sikkert sted kan være det fri eller annen brannseksjon.
- Evakuering fra en bygning skal skje til terreng i det fri eller sikkert sted i bygningen.

2.5.1 Løsninger i Norge

VTEK angir preaksepterte løsninger for sykehus i Norge. Disse løsningene presenterer ytelsesnivå som tilfredsstillende funksjonskravene i TEK (50):

Risikoklasse - Brannklasse

Risikoklasse 6.

Brannklasse avhenger av antall etasjer. Underliggende etasjer skal ha minst like høy brannklasse som overliggende etasjer. Brannklasser for risikoklasse 6 etter TEK §7-22:

Antall etasjer			
1	2	3 og 4	5 eller flere
BKL 1	BKL 2	BKL 2	BKL 3

Bygninger hvor brann kan være en trussel for et stort antall mennesker skal plasseres i BKL 4. BKL 4 anbefales vurdert for bygninger med mer enn 500 senger og/eller med mer enn 8 etasjer.

Bæreevne og stabilitet ved brann

Bærende bygningsdelers brannmotstand skal tilfredsstillende:

Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Bærende hovedsystem	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere som ikke er stabiliserende	R 30 [B 30]	R 60 [B 60]	R 60 A2-s1,d0 [A 60]
Trappeløp	-	R 30 [B 30]	R 30 A2-s1,d0 [A 30]
Bærende bygningsdeler under øverste kjeller	R 60 A2-s1,d0 [A 60]	R 90 A2-s1,d0 [A 90]	R 120 A2-s1,d0 [A 120]
Utvendig trappeløp, beskyttet mot flammepåvirkning og strålevarme	-	R 30 [B 30] eller A2-s1,d0 [ubrennbar]	A2-s1,d0 [ubrennbar]

Byggverk i brannklasse 3 og 4 skal dimensjoneres for å kunne opprettholde tilfredsstillende bæreevne og stabilitet gjennom et fullstendig brannforløp

Materialer

Overflater og kledninger må ha tilfredsstillende egenskaper i forhold til antennelse, brann- og røykspredning.

Materialkrav for risikoklasse 6:

Overflater og kledninger	Brannklasse		
	1	2	3
<i>Overflater i brannceller som ikke er rømningsveg</i>			
Overflater på vegger og tak, og i sjakter og hulrom	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater på golv	D _e -s1 [G]	D _e -s1 [G]	D _e -s1 [G]
<i>Overflater i brannceller som er rømningsvei</i>			
Overflater på vegger og tak	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]	B-s1,d0 [In 1]
Overflater på golv	D _e -s1 [G]	D _e -s1 [G]	D _e -s1 [G]
<i>Utvendige overflater</i>			
Overflater på ytterkledning	D-s3,d0 [Ut 2]	B-s3,d0 [Ut 1]	B-s3,d0 [Ut 1]
<i>Kledninger</i>			
Kledning i brannceller	K _{1,10} B-s1,d0 [K1]	K _{1,10} B-s1,d0 [K1]	K _{1,10} B-s1,d0 [K1]
Kledninger i branncelle som er rømningsveg	K _{1,10} A2-s1,d0 [K1-A]	K _{1,10} A2-s1,d0 [K1-A]	K _{1,10} A2-s1,d0 [K1-A]
Kledning i sjakter og hulrom	K _{1,10} A2-s1,d0 [K1-A]	K _{1,10} A2-s1,d0 [K1-A]	K _{1,10} A2-s1,d0 [K1-A]

Rom beregnet for brannfarlig virksomhet må ha kledning i: K210 A2-s1,d0 [K1-A].
Isolasjonsmaterialer skal tilfredsstillende klasse: A2-s1,d0.

Branncelleinndeling

Pasientrom, rømningsveier, korridorer, heissjakter og trapperom skal være egne brannceller med brannmotstand EI 30 for BK1, EI 60 for BK2 og BK3.

Dører i eller til rømningsvei må ha brannmotstand EI 30-C mellom branncelle og korridor.

Lagerrom med vesentlig høyere brannbelastning skal være egen branncelle.

Korridorer som er lengre enn 30 m må deles med dør E 30-C, med innbyrdes avstand minst 30m.

Brannceller i sykehus kan ikke ha åpen forbindelse over flere plan.

Oppholdsrom inntil 50 m² kan plasseres i tilknytning til rømningsvei hvis arealet er sprinklet og skilt fra rømningsvei med konstruksjoner med brannmotstand på minst E30.

Brannseksjonering

Sykehus må deles vertikalt i minimum 2 brannseksjoner for å sikre mulighet for horisontal evakuering.

Seksjoneringsvegger må ha brannmotstand i henhold til §7-24:

Bygningens brannklasse	Seksjoneringsveggers brannmotstand avhengig av spesifikk brannenergi MJ/m ²		
	Under 400	400-600	600-800
Brannklasse 1	REI 90-M A2-s1,d0 [A 90]	REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]	REI 180-M A2-s1,d0 [A 180]
Brannklasse 2 og 3	REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]	REI 180-M A2-s1,d0 [A 180]	REI 240-M A2-s1,d0 [A 240]

Evakuering og rømningsveier

Utgang fra branncelle må føre til minst to uavhengige rømningsveier eller sikkert sted. Avstand fra hvilket som helst sted i branncelle til utgang kan ikke overskride 25 m.

Brannceller i sykehus må også ha minst ett vindu som kan åpnes for atkomst/ assistert evakuering fra brannvesenet. Vindu kan imidlertid ikke regnes som rømningsvei i risikoklasse 6 bygninger.

Bredden på dører til rømningsvei må tilpasses sengetransport, og må lett kunne åpnes.

Rømningsvei må være egen branncelle og føre til det fri eller annen brannseksjon. Bredden på rømningsvei må være tilpasset sengetransport, og ikke være mindre enn 1,2m.

Sykehus < 8 etasjer må ha minst to trapperom type Tr 2. Sykehus > 8 etasjer krever minst to trapperom type Tr 3. Definisjoner trapperom i henhold til VTEK (51):

- Trapperom Tr1 skal ha direkte dør til trapperommet fra branncelle.
- Trapperom Tr 2 må være skilt fra branncelle (bruksenhet) med et mellomliggende rom utført som egen branncelle, vanligvis en korridor.
- Trapperom Tr 3 må være skilt fra bruksenhet med et mellomliggende rom utført som egen branncelle, og som i tillegg enten er åpent til det fri, eller tilknyttet brannventilasjon som sikrer at eventuell røyk ikke når inn i rommet. Trapperom Tr 3 kan ikke ha forbindelse med kjeller.

Sykehus må ha selvlukkende dører. Dører i rømningsvei må enkelt kunne åpnes med ett grep og uten nøkkel.

Dør fra branncelle til rømningsvei må ligge mellom to uavhengige trapperom eller utganger til det fri, med mindre avstand til trapperom/utgang er < 7m.

Avstand fra dør i branncelle til nærmeste trapperom/utgang bør ikke overskride 30m der det finnes flere trapper eller utganger.

Høye bygninger

Sykehus på mer enn 8 etasjer må ha installert brannheis og stigeledning.

Branntekniske tiltak

Installerte brannslanger og håndslukkeapparater som dekker hele bygget.

Bygninger i risikoklasse 6 må ha installert brannalarmanlegg kategori 2.

Trapperom som er del av rømningsvei må røykventileres.

I sykehus må det iverksettes særskilte tiltak for å ivareta sikkerheten ved assistert evakuering. VTEK beskriver automatisk sløkkeanlegg som nødvendig dersom rømningsikkerheten ikke ivaretas på annen måte, men er ikke et absoluttkrav i sykehus. I ny byggeteknisk forskrift §11-12, gjeldende fra 01.07.2010, kreves imidlertid automatisk sløkkeanlegg for byggverk i risikoklasse 6 (28).

Kjølesoner større enn vindushøyden mellom E 30 vindu.

Sykehus må ha ledesystem.

Tilrettelegging for redningsmannskaper

Brannvesenet må være sikret god tilgjengelighet til bygget.

Sykehus må ha fullstendige branntegninger og innsatsplaner for brannvesenet.

Brannvesenet må være sikret tilstrekkelig sløkkevann på minimum 50 l/s fra minst 2 uttak.

2.5.2 Løsninger i Sverige

Boverkets Byggregler (BBR) angir preakspeterte løsninger for sykehus i Sverige i form av forskriftskrav og ”Allmänt råd”. Almenne råd tilsvarer ytelsesnivå som tilfredsstillende forskriftskravene i BBR (37):

Risikoklasse – Brannklasse

Strengeste brannklasse Br1.

Brannklasse avhenger av antall etasjer, virksomhet og personbelastning.

Bæreevne og stabilitet ved brann

Bærende bygningsdelers brannmotstand skal tilfredsstillende:

Byggnadsdel	Brandteknisk klass ved brandbelastning f (MJ/m ²)		
	$f \leq 200$	$f \leq 400$	$f > 400$
1. Vertikalt bærverk samt stomstabiliserende horisontellt bærverk			
a) i byggnad med høgst 2 våningsplan	R 60	R 120	R 240
b) i byggnad med 3–4 våningsplan			
– bjälklag	R 60	R 120	R 240
– övriga bærverk	R 60	R 120	R 240
c) i byggnad med 5–8 våningsplan			
– bjälklag	R 60	R 120	R 240
– övriga bærverk	R 90	R 180	R 240
d) i byggnad med 8–16 våningsplan	R 90	R 180	R 240
e) under översta källarplanet	R 90	R 180	R 240
2. Horisontellt ej stomstabiliserande bærverk	R 60	R 120	R 240
3. Trapplopp och trapplan i trapphus	R 30	R 30	R 30

Materialer

Overflater og kledninger må ha tilfredsstillende egenskaper i forhold til antennelse, brann- og røykspredning. Materialkrav for Br 1:

Overflater i rømningsvei:

Tak og vegger i klasse B-s1,d0 på underlag av A2-s1,d0 eller kledning K₂10/B-s1,d0.

Overflater som ikke er i rømningsvei:

Takkledning i klasse B-s1,d0 på underlag av A2-s1,d0 eller kledning K₂10/B-s1,d0.

Veggkledning i klasse C-s2,d0.

Golvbelegg må tilfredsstillende klasse C_n-s1.

Rom beregnet for brannfarlig virksomhet må ha kledning i: K₂10 A2-s1,d0 [K1-A].

Isolasjonsmaterialer skal tilfredsstillende klasse: A2-s1,d0 ,ubrennbar/begrenset brennbar.

Overflater på ytterkledning skal tilfredsstillende klasse D-s2,d0.

Branncelleinndeling

Pasientrom, rømningsveier, korridorer, heissjakter og trapperom skal være egne brannceller med brannmotstand i henhold til:

Byggnadsdel	Brandteknisk klass ved brandbelastning f (MJ/m ²)		
	$f \leq 200$	$f \leq 400$	$f > 400$
Brandcellsskiljande byggnadsdel i allmänhet, och bjälklag över källare	EI 60	EI 120	EI 240

Rømningsveier som står i forbindelse med hverandre må skilles med minst brannmotstand E 15-C.

Korridorer må skilles fra hverandre med dør klasse E 15-C, med innbyrdes avstand høyst 60m.

Dører i eller til rømningsvei må ha brannmotstand EI 30 mellom branncelle og korridor, og skal være selvlukkende.

Forbindelse mellom to avdelinger skal utstyres med luftsluse med brannmotstand E30-C.

Brannseksjonering

Store bygninger må brannseksjoneres i forhold til bygningens brannbelastning, virksomhet og branntekniske tiltak. Evakuering av sykehus foregår ved horisontal evakuering til tilgrensende avdeling / brannseksjon.

Seksjoneringsvegger må ha brannmotstand i henhold til:

Bygningsklasse	Brannbelastning MJ/m ²		
	f < 200	f < 400	f > 400
Br1	REI 90-M	REI 120-M	REI 240-M

Evakuering og rømningsveier

Utgang fra branncelle må føre til minst to uavhengige rømningsveier.

Rømningsvei fra et lokale kan utgjøres av en passasje til en rømningsvei gjennom et annet lokale.

Vindu kan ikke utgjøre en av rømningsveiene i sykehus.

Avstand fra hvilket som helst sted i branncelle til utgang kan ikke være overgå 30 m.

Bredde på rømningsvei bør ikke være mindre enn 1,2 meter.

Bredden til dører til rømningsvei må tilpasses sengetransport, og må lett kunne åpnes.

Sykehus bør ha selvlukkende dører i rømningsveier. Dører i rømningsvei må enkelt kunne åpnes med ett grep og uten nøkkel.

Rømningsveier i sykehus kan utformes som en passasje gjennom tilgrensende branncelle. Passasjen må sikres for å unngå brann- og røykspredning.

Avstand fra sykehusavdelinger til nærmeste trapperom bør ikke overskride 50m.

Høye bygninger

Sykehus på mellom 8 og 16 etasjer skal alle lokaler ha tilgang til minst ett trapperom Tr2 (tilsvarer norsk Tr2). I sykehusbygg på mer enn 16 etasjer må alle lokaler ha tilgang til minst ett trapperom Tr1 (tilsvarende norsk Tr3)

Sykehus på mer enn 8 etasjer må ha installert stigeledning med uttak hver etasje.

Brannheis er ikke et spesifikt krav.

Branntekniske tiltak

Installerte brannslanger og håndslukkeapparater som dekker hele bygget.

Det kreves brannalarmanlegg i sykehus.

Sykehus må ha ledesystem.

Kjølesoner mellom vindu skal være minst 1,2m.

Automatisk slokkeanlegg er ikke et spesifikt krav.

I bygninger med mer enn 4 etasjer skal rømningsveier utstyres med åpninger for branngassventilasjon, med areal tilsvarende 1 % av golvarealet til rømningsveien.

Trapperom skal røykventileres.

Tilrettelegging for redningsmannskaper

Brannvesenet må være sikret god tilgjengelighet til bygget.

Sykehus må ha fullstendige branntegninger og innsatsplaner for brannvesenet.

Brannvesenet må være sikret tilstrekkelig slokkevann.

2.5.3 Løsninger i Danmark

Preaksepterte løsninger for sykehus i Danmark angis i *Bygningsreglementet og Eksempelsamling om brandsikring af byggeri* (45). *Bygningsreglementet* BR08 (44) er en kombinert byggeforskrift og veiledning, utformet som henholdsvis tekniske funksjonskrav og myndighetenes minimum ytelsesnivå. *Eksempelsamling om brandsikring af byggeri* inneholder ytelsesnivå for dokumentasjon og brannsikring av tradisjonelle bygg, for å tilfredsstille funksjonskrav i *Bygningsreglementet*:

Risikoklasse - Brannklasse

Anvendelseskategori 6.

Bæreevne og stabilitet ved brann

Bærende bygningsdelers brannmotstand skal tilfredsstille:

Bygningsdel	Brannmotstand
Øverste etasje	R 60
Bærende bygningsdeler	R 60, A2-s1,d0/ R120 for bygninger med høyde over 12m.
Trapper	R 30, A2-s1,d0

Materialer

Overflater og kledninger må ha tilfredsstillende egenskaper i forhold til antennelse, brann- og røykspredning. Materialkrav for anvendelseskategori 6:

Materialkrav for rømningsvei og øvrige overflater	
Veggekledning	K 10 B-s1,d0
Takkledning	K 10 B-s1,d0
Golvkledning	D _{fl} -s1
Utvendig kledning	K 10 B-s1,d0(høyde større enn 22 m)

Rom beregnet for brannfarlig virksomhet må ha kledning i: K210 B-s1,d0.

Isolasjonsmaterialer skal tilfredsstille klasse: B-s1,d0

Branncelleinndeling

Pasientrom, rømningsveier, korridorer, heissjakter og trapperom skal være egne brannceller med brannmotstand minst EI 30. Dører i eller til rømningsvei må ha brannmotstand EI 30-C mellom branncelle og korridor.

Lagerrom med vesentlig høyere brannbelastning skal være egen branncelle.

Korridorer med lengde over 25 m må deles med dør E 30- C.

Brannceller i sykehus kan ikke ha åpen forbindelse over flere enn 2 etasjer.

Brannseksjonering

Seksjoneringsvegger må ha brannmotstand i henhold til:

Brannmotstand bygningsdeler	Maksimalt areal av brannseksjon (m2)	Maksimalt areal av sprinklet brannseksjon (m2)
EI 60, A2-s1,d0	600	2000
EI 60, D-s2,d2 med kledning K2 60, A2-s1,d0		

Sykehusavdelinger bør utgjøre egne brannseksjoner.

Trapperom og heissjakter anbefales utført som egne brannseksjoner.

Antall soveplasser i hver brannseksjon bør ikke overstige 50 plasser.

Evakuering og rømningsveier

Utgang fra branncelle må føre til minst to uavhengige rømningsveier eller sikkert sted. Avstand fra hvilket som helst sted i branncelle til utgang kan ikke være overgå 25 m.

Brannceller i sykehus må ha minst en redningsåpning(vindu/luke) per 10 personer i rømmet. Redningsåpningene skal sikre mulighet for personredning og røykutlufting.

Sykehus bør ha selvlukkende dører. Dører i rømningsvei må enkelt kunne åpnes med ett grep og uten nøkkel.

Rømningsvei må være egen branncelle og føre til det fri eller annen brannseksjon. Bredden på rømningsvei må være tilpasset sengetransport, og ikke være mindre enn 1,2m. For at to sykehussenger skal kunne passere hverandre bør fri bredde på rømningsvei minst være 2,4m.

Avstand fra sykehusavdelinger til nærmeste trapperom bør ikke overskride 50m.

Høye bygninger

Sykehusbygg hvor øverste etasje er mer enn 22m over terreng må ha installert stigeledning og brannheis.

Branntekniske tiltak

Installerte brannslanger og håndslukkeapparater som dekker hele bygget.

Bygninger i anvendelseskategori 6 skal ha automatisk brannalarmanlegg.

Trapperom som er del av rømningsvei må røykventileres.

Sykehus må ha automatisk slokkeanlegg og ledesystem dersom bygningen er i mer enn 1 etasje eller har soveromsavsnitt med etasjereal større enn 1000m².

Tilrettelegging for redningsmannskaper

Brannvesenet må være sikret god tilgjengelighet til bygget.

Sykehus må ha fullstendige branntegninger og innsatsplaner for brannvesenet.

Brannvesenet må være sikret tilstrekkelig slokkevann.

2.6 Oppsummering brannlovgivning

Brannlovgivningene i Norge, Sverige og Danmark er svært like, og har kun et fåtall forskjeller. Lover og forskrifter i alle landene har implementert EU-direktiver for brannvern, noe som gjenspeiles i like funksjonsbaserte forskriftskrav for brannsikkerhet.

Veiledningstekstene for myndighetenes ytelsesnivåer er imidlertid utformet noe forskjellig. Størst forskjell i lovgivningene finnes i hvilke krav som stilles til oppgradering av eldre bygg oppført etter gamle byggeforskrifter. Den svenske og danske brannlovgivningen har krav om at bygg minst må oppfylle de brannsikkerhetskrav som var gjeldende ved oppføring, med mindre større byggeendringer eller bruksendring er utført. I Norge stilles det krav til oppgradering av eldre bebyggelse, innen økonomisk og praktisk forsvarlig ramme. Kravet til oppgradering kan imidlertid oppfylles gjennom både tekniske og organisatoriske tiltak. Dette tilsvarer i praksis brannsikkerhetskrav i dagens TEK, VTEK og FOBTOT, men kravet hjemles i hovedsak kun for bygninger med særskilte mangler i brannsikkerheten. Brannkrav i Norge, Danmark og Sverige er basert på krav om at eksisterende bygninger skal opprettholde brannsikkerheten gjennom hele livsløpet, i forhold til forskrifter gjeldende ved oppføring.

De preaksepterte løsningene for sykehusbygg i Norge, Sverige og Danmark har også store likheter. Dette gjelder spesielt i krav til ytelse med hensyn til bærende bygningsdeler, bygningsmaterialer, branncelleinndeling, høye bygninger og tilrettelegging for redningsmannskaper.

I forhold til evakuering/rømningsveier og krav til branntekniske tiltak har Norge strengere krav til utforming og tekniske løsninger. VTEK krever at sykehus < 8 etasjer må ha minst to trapperom type Tr 2. Fra 01.07.2010 krever ny byggeteknisk forskrift at sykehus i risikoklasse 6 må ha installert automatisk slokkeanlegg. Alle tre land har imidlertid krav om tilgang til 2 uavhengige rømningsveier fra utgang fra branncelle i alle etasjer. I Sverige er ikke automatisk slokkeanlegg et spesifikt krav i preaksepterte løsninger i sykehus. Danmark krever automatisk slokkeanlegg i sykehus på mer enn 1 etasje eller med soveromsareal større enn 1000m².

VTEK krever at sykehus deles i minst 2 brannseksjoner for å muliggjøre horisontal evakuering ved brann. Samme strategi nevnes i svenske BBR, men er ikke påpekt spesifikt i danske BR08.

3 Statistikk

For å kunne si noe om omfang og utvikling av branner i sykehus, er det nødvendig å undersøke utarbeidet brannstatistikk. Brannstatistikk for pleieinstitusjoner undersøkes også, da slike bygg har parallelle brannsikkerhetsutfordringer som i sykehus. Hovedfokus i denne oppgaven er rettet mot norsk brannstatistikk de siste ti år, perioden 1999 - 2009. For sammenligning presenteres også brannstatistikk fra Sverige, Danmark og Finland.

I tillegg til å kartlegge antall branner, er det også interessant å se på vanlige brannårsaker og antall- og aldersfordeling på omkomne. Evne til å håndtere et branntilløp og assistert rømning i sykehus er blant annet avhengig av forholdet mellom bemanning og pasientbelastning, samt antall korridorpasienter. For å undersøke denne utviklingen brukes utarbeidet statistikk fra Statistisk Sentralbyrå samt Helsedirektoratet.

Norsk brannstatistikk er i hovedsak hentet fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, både tilsendt statistikk i form av regneark og nettbasert statistikk fra *dsb.no*. Statistikk er også hentet fra Statistisk Sentralbyrå og SINTEF NBL. Brannstatistikk for Danmark, Sverige og Finland er hentet fra Nordstat.net.

3.1 Helse- og sosialtjenesten

Statistisk sentralbyrå(SSB) utarbeider statistikk for helse- og sosialsektoren. Figur 2 viser SSBs statistikk for antall døgnplasser i somatiske sykehus, institusjoner for eldre/funksjonshemmede og spesialhelsetjenesten totalt, i perioden 2000-2008[(52), (53), (54)]. SSB definerer inndelingen av helse- og sosialtjenesten som:

- Somatiske sykehus:
Vanlige sykehus som gir spesialisert behandling for fysisk sykdom og skade.
- Spesialhelsetjenesten:
Sykehus og institusjoner innen somatikk, psykisk helsevern og rusmisbruk.
- Institusjoner for eldre og funksjonshemmede
- Sykehjem og aldershjem.

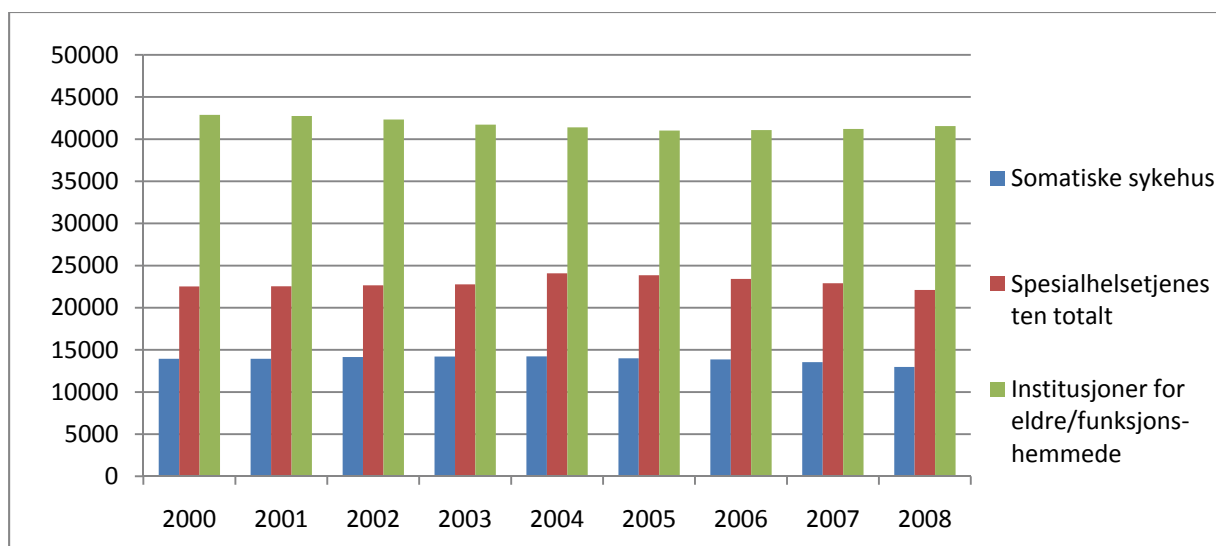
3.1.1 Døgnsengeplasser

Tallene fra SSB viser at antall døgnsengeplasser i sykehus har endret seg fra 13 944 plasser i år 2000 til 12 980 plasser i 2008. Dette er en reduksjon på 964 sengeplasser. Mellom år 2000 og 2004 økte imidlertid antall sengeplasser til 14 228, med en etterfølgende reduksjon på 8,77% mellom 2004 og 2008, tilsvarende 1248 sengeplasser. De siste 5 årene har det dermed vært en jevnt minkende døgnbasert pasientbelastning i norske sykehus.

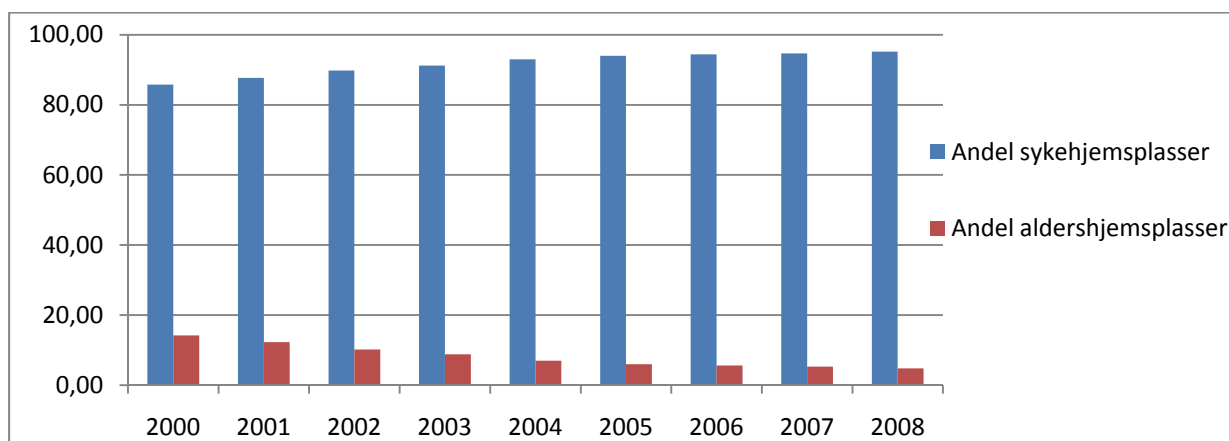
For spesialhelsetjenesten totalt viser statistikken fra SSB samme utvikling som for somatiske sykehus. Antall døgnsengeplasser øker fra 22 533 til 24 086 i perioden 2000-2004, for så å reduseres jevnt til 22 101 plasser i perioden 2004-2008. Reduksjonen tilsvarer 8,24 %.

Utviklingen i institusjoner for eldre og funksjonshemmede viser en reduksjon i antall døgnplasser i perioden 2000-2005, fra henholdsvis 42 876 til 41 027 døgnplasser. I perioden 2005-2008 øker imidlertid antall døgnsengeplasser med 1,25%, tilsvarende 515 sengeplasser.

Figur 5 viser at prosentvis andel døgnsegeplasser i sykehjem i forhold til totalt antall sengplasser i sykehjem og aldershjem har økt jevnt i perioden 2000-2008, fra 85,8% i 2000 til 95,2% i 2008. Prosentandel aldershjem er tilsvarende redusert fra 14,2% i 2000, til 4,8% i 2008. Dette kan tyde på at beboere i pleieinstitusjonene har blitt mer pleietrengende. Antall institusjoner har hatt en nedgang, fra 1052 i år 2001 til 1000 i år 2008. I perioden 2005-2008, med økende antall sengeplasser, viser tall fra SSB at antall pleieinstitusjoner ble redusert med 11 (54). Dette kan tyde på en økende personbelastning i pleieinstitusjonene. Overbelegg i pleieinstitusjonene kan føre til økende antall korridorpasienter i sykehusene, da ferdigbehandlede pasienter ikke kan skrives ut.



Figur 4 Døgnplasser i somatiske sykehus/spesialhelsetjenesten/institusjoner for eldre/funksjonshemmede [(52), (53), (54)]

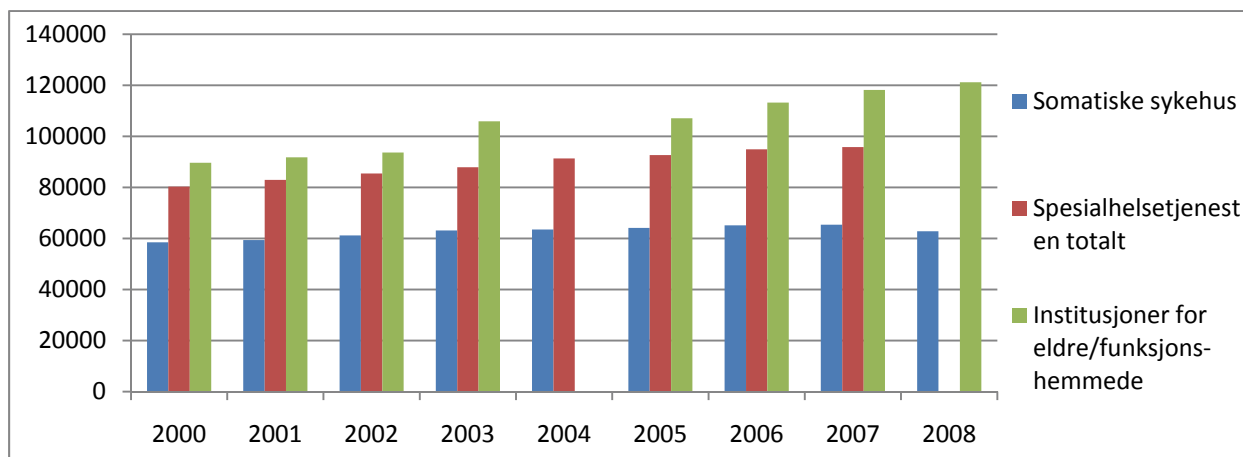


Figur 5 Prosentandel døgnsegeplasser i institusjoner for eldre/funksjonshemmede (54).

3.1.2 Årsverk

Figur 6 er laget på bakgrunn av statistikk fra Statistisk Sentralbyrå, og viser utviklingen i årsverk i norske sykehus og pleieinstitusjoner for perioden 2000-2008 [(52), (53), (54)]. Antall årsverk i spesialhelsetjenesten totalt har en økning i denne perioden. Om lag 53% av årsverkene utføres av sykepleiere, hjelpepleiere og leger (52), og tyder på økt bemanning. I somatiske sykehus er derimot antall årsverk redusert i perioden 2005-2008, tilsvarende 1328 årsverk (53). Redusert bemanning i sykehusene kan være avgjørende for ulike avdelingers evne til å håndtere et brannforløp og tilhørende assistert evakuering.

Antall årsverk i pleieinstitusjoner har økt jevnt i perioden 2000-2008, fra henholdsvis 89 669 til 121 209 (55). Dette er en økning på ca. 35%. Tall fra SSB viser at antall årsverk per pasient har hatt jevn positiv utvikling i samme periode, fra 0,36 i år 2000, til 0,58 i 2008 (55). Dette kan tyde på en styrket bemanning per mottaker i pleieinstitusjoner de siste 10 år, noe som kan være avgjørende i en brannsituasjon med assistert evakuering. Tallene sier imidlertid ingenting om hvordan vaktordninger på kveld og natt avvikles, noe som kan være kritisk i tilfelle brann og evakuering av pasienter.

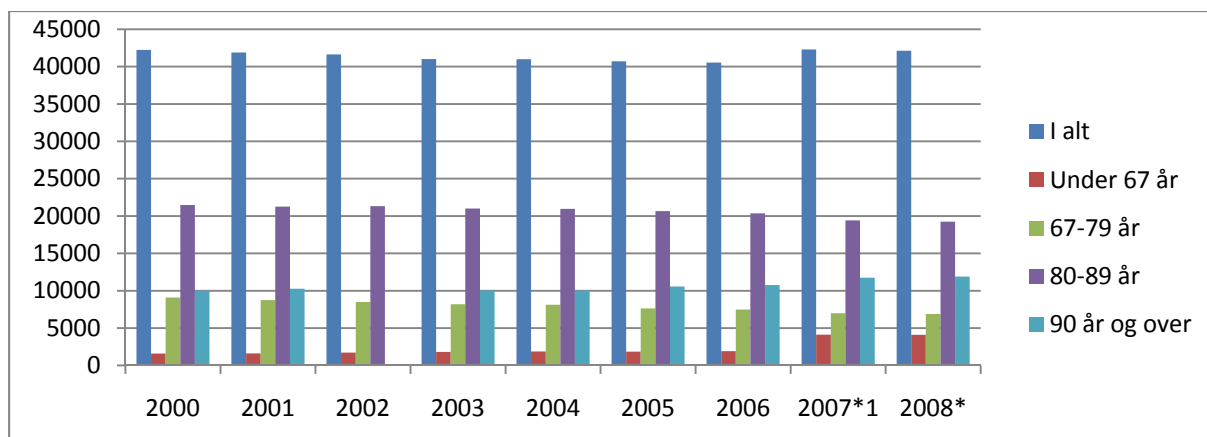


Figur 6 Årsverk i somatiske sykehus/spesialhelsetjenesten/institusjoner for eldre/funksjonshemmede (32).

3.1.3 Beboere i pleieinstitusjoner

Figur 7 er basert på statistikk fra Statistisk Sentralbyrå, og viser antall og aldersfordeling for beboere i pleieinstitusjoner for eldre/funksjonshemmede i perioden 2000-2008 (56).

Aldersgruppen 80-89 år utgjør den største andelen av beboerne i pleieinstitusjoner, om lag 50% gjennom hele perioden. Andel beboere som er 90 år og eldre utgjør ca. 26%, mens aldersgruppene 67-79 år og under 67 år utgjør henholdsvis 19% og 5%. De prosentvise andelenene for de ulike aldersgruppene er tilnærmet konstant gjennom hele perioden 2000-2008. Den mest markante endringen er økningen av antall beboere under 67 år mellom 2006 og 2008. Antall beboere i denne aldersgruppen økte med ca. 2000 i denne perioden, tilsvarende en fordobling.



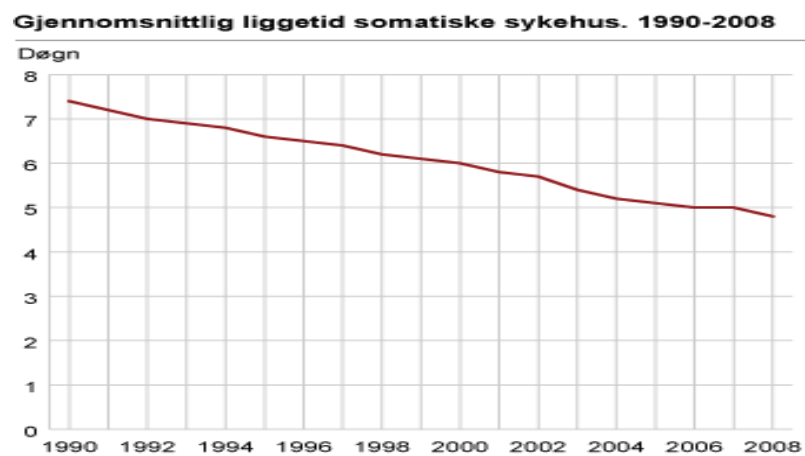
Figur 7 Antall/aldersfordeling for beboere i pleieinstitusjoner for eldre/funksjonshemmede (33).

3.1.4 Sykehus

Statistisk Sentralbyrå utarbeider nøkkeltall for somatiske sykehus. Sentrale trekk for spesialhelsetjenesten er (2):

- Økende aktivitet for hvert år, stadig flere får behandling.
- Flertallet av pasientene behandles poliklinisk.
- Innlagte pasienter har stadig kortere sykehusopphold.
- Antall årsverk øker for hvert år.
- Private sykehus utgjør en svært liten andel av samlet sykehusstilbud.

Figur 8 (2) viser at gjennomsnittlig liggetid i somatiske sykehus har hatt jevn nedgang fra 7,5 døgn i 1990, til 4,9 døgn i 2008. Døgnbasert pasientbelastning i sykehus har dermed minket tilnærmet lineært siden 1990.



Figur 8 Gjennomsnittlig liggetid somatiske sykehus. 1990-2008 (2)

3.1.4.1 Korridorpasienter

Helsedirektoratet utarbeider statistikk for kvalitetsindikatorer i spesialhelsetjenesten (57). Det lages statistikk for 11 ulike indikatorer for somatikk, blant annet korridorpasienter. Kvalitetsindikatorerne er et utvalg målinger som samlet fungerer som en indikasjon på tjenestens kvalitet.

Korridorpasienter registreres som (9):

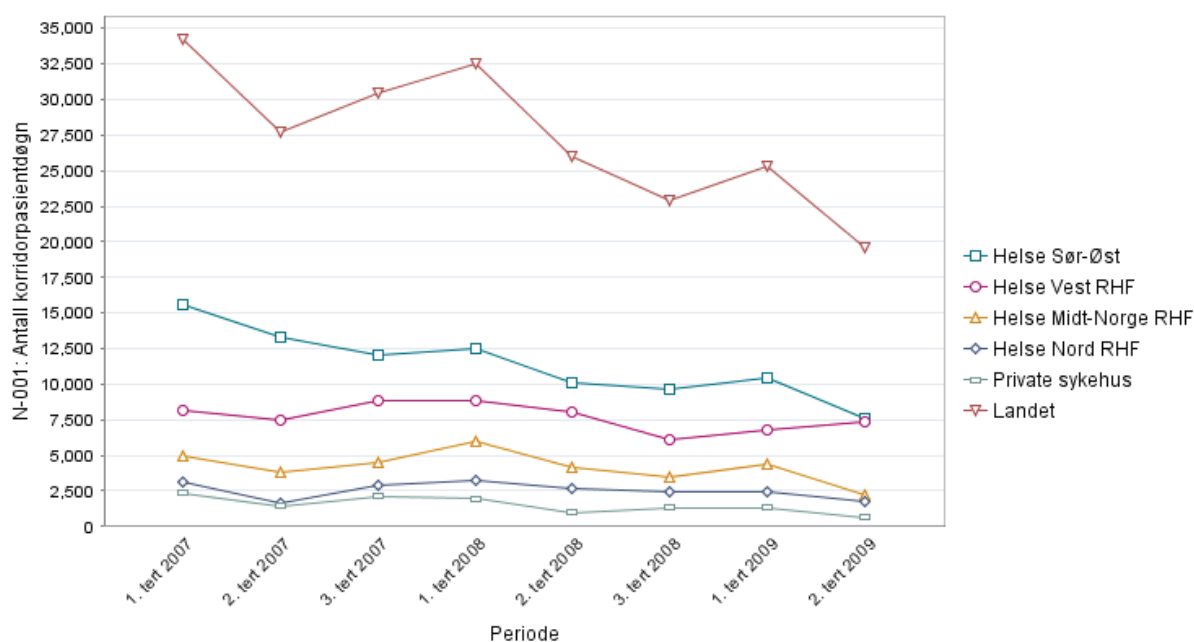
”Antall og andel pasienter som kl.07:00 er plassert i seng på korridor, bad, skyllerom, dagligstue m.m. Det regnes også som korridorpasienter når plassering på korridor velges som løsning på observasjons- eller kontaktbehov. Dersom mor og barn etter fødsel plasseres på korridor eller lignende, skal de regnes som 2 korridorpasienter. Gjelder ikke ”ekstra” pasienter på ordinære sengeplasser eller sengeplasser som er tatt ut av drift. Det betyr at antall korridorpasienter ikke beregnes ut fra totalt overbelegg, eller som antall flere pasienter enn antall ordinære sengeplasser.”

Statistikken viser gjennomsnittlig antall korridorpasienter per dag i registreringsperioden, samt andel korridorpasienter i forhold til antall liggedøgn i perioden. Datakilden er manuell registrering av korridorpasienter ved sykehusene. Antall korridorpasienter rapporteres deretter

til et datamottak uten pasientnavn eller begrunnelse for hendelsen. Norsk Pasientregister aggregerer datamaterialet etter gitte retningslinjer. (9)

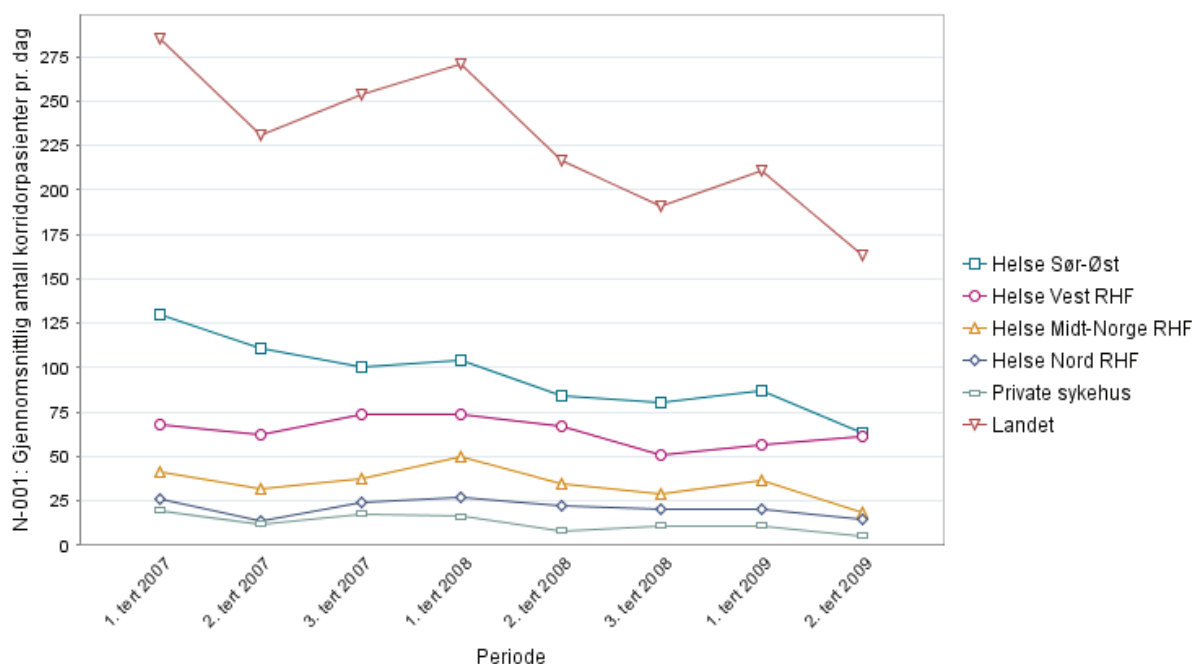
Statistikken fra Helsedirektoratet mangler data fra enkelte sykehus og institusjoner. Dette skyldes blant annet at det ikke er rapportert data, eller det kan være indikatorer som ikke er relevant for alle sykehus/institusjoner (58). Totalt foreligger statistikk for 68 sykehus.

Figur 9 viser antall korridorpatientdøgn i somatiske sykehus i ulike regionale helseforetak og for landet totalt (11). For samtlige helse foretak, og landet totalt sett, har det vært en reduksjon i antall korridorpatientdøgn i perioden 2007-2009. Periodens høyeste antall korridorpatientdøgn var ca. 34 000 i 1. tert. 2007, og laveste antall ca. 19 000 i 2. tert. 2009.



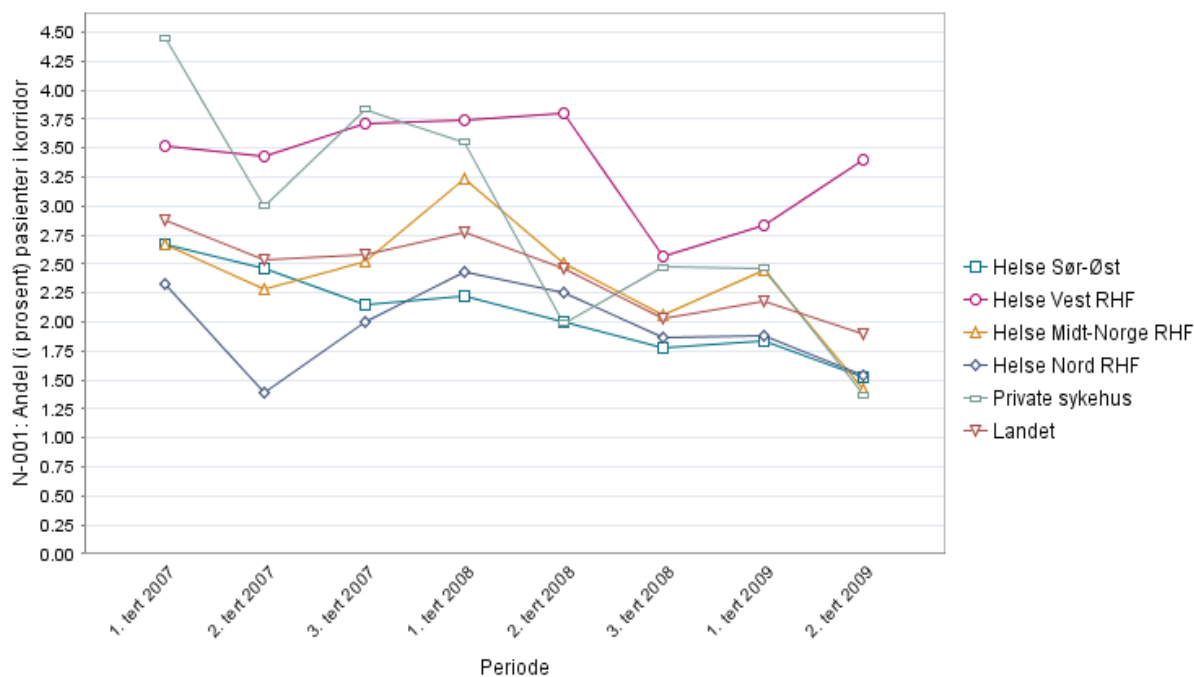
Figur 9 Antall korridorpatientdøgn i somatiske sykehus (2007-2009). (11)

Figur 10 (11) viser gjennomsnittlig antall korridorpasienter per dag for somatiske sykehus. Verdiene følger samme utvikling som antall korridorpatientdøgn i perioden 2007-2009. For landet totalt var det gjennomsnittlig ca. 285 korridorpasienter per dag i 1. tert. 2007. I 2. tert. 2009 har antallet sunket til ca. 160 korridorpasienter per dag. Dette tilvarer henholdsvis ca. 4 og 2 korridorpasienter per sykehus. De tabellerte verdiene viser stor variasjon mellom ulike sykehus, med verdier mellom 0 og 20 korridorpasienter per dag.



Figur 10 Gjennomsnittlig antall korridorpasienter pr.dag (2007-2009) (11)

Figur 11 (11) viser prosentvis andel pasienter i korridor i forhold til antall senger i somatiske sykehus. For landet totalt har andelen pasienter i korridor hatt en jevn nedgang i perioden 2007-2009, fra ca. 2,85 % i 1. tert. 2007, til ca 1,85 % i 2. tert. 2009. Helse Vest RHF har imidlertid hatt en negativ utvikling i perioden 3. tert 2008 - 2. tert. 2009, hvor andel pasienter i korridor økte med 0,8%. De tabellerte verdiene varierer også her mye for ulike sykehus, med verdier mellom 0 - 10 %.



Figur 11 Andel pasienter i korridor(%) (11)

Statistikken viser at det fortsatt er korridorpasienter i norske sykehus, og samtidig at utviklingen har vært positiv i perioden 2007-2009 med minkende antall korridorpasienter.

Tallene viser stor variasjon mellom ulike sykehus, som kan tyde på ulike forutsetninger for håndtering av korridorpasienter. Dette kan skyldes økonomi samt uforutsette variasjoner i pasientbelastning, organisering og tilgjengelige senger og areal.

3.2 Statistikk fra DSB

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB) utarbeider statistikk over bygningsbranner i Norge, basert på rapporter innsendt fra kommunale brannvesen (59). Innrapporteringen skjer ved at brannvesen fyller ut et HR -100 skjema etter utrykninger til branner i bygningen, skip og fly. Dette skjemaet er utarbeidet av DSB for å standardisere rapporteringen, og inneholder informasjon om brannsted og tidspunkt for brann og sløkket brann, bygningstype, slökkemiddel, slökkemiddel, utstyr brukt, skadeomfang samt brannvesenets innsats.

DSB mottar også halvårsrapporter fra Finansnæringens fellesorganisasjon(FNO). Disse rapportene inneholder opplysninger om anslåtte erstatninger til bygningsbranner større eller lik 500.000 kr (59).

Datagrunnlaget fra DSB er i denne oppgaven basert på tilsendt brannstatistikk for sykehus og pleieinstitusjoner i form av regneark, samt statistikk fra nettsiden til DSB, dsb.no. Tilsendt statistikk fra DSB er mottatt fra Magne Bjerkseth ved avdeling for dokumentasjon og tilsyn, og er sist oppdatert 30.10.2009. Disse kildene vil derfor ikke refereres videre i dette kapittelet (59).

3.2.1 Vurdering av datakvalitet

I 2008 registrerte FNH mer enn 23000 branner som utløste forsikringsutbetaling. Langt færre branner ble rapportert fra brannvesen i samme tidsrom. Årsaken til dette er ulikheter i både registrering og opptellingsmåte. Brannstatistikken til FNH er basert på innrapportering fra forsikringsselskaper. I denne statistikken kan én brann ha flere erstatningskrav, og/eller omfatte skader brannvesenet normalt ikke rykker ut til. DSB bruker innrapporteringer fra brannvesen som grunnlag for sin statistikk. Rapporter fra brannvesen gir presise tall for faktiske branner, som har krevd uttrykning (59).

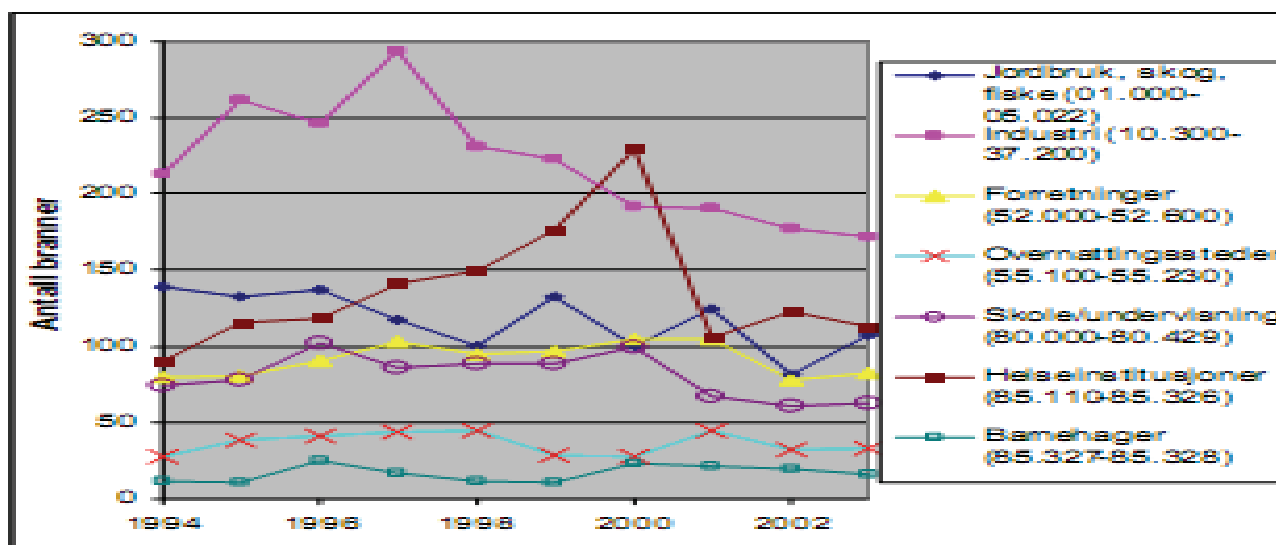
3.2.2 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten generelt

SINTEF NBL har i rapporten *Analyse av DSBs brannstatistikk for bygningsbranner i tiårsperioden 1994-2003* (60) utført en studie av DSBs brannstatistikk for perioden 1994-2003. Her kan man se en tydelig nedgang i antall bygningsbranner i helseinstitusjoner fra år 2000. Rapporten konkluderer også med at det i denne perioden har vært en vesentlig større prosentvis nedgang i antall branner i særskilte brannobjekt enn i øvrige bygninger, henholdsvis 25 % og 2 %. Videre viser statistikken at eget personale i særskilte brannobjekter stopper brannspredning i større grad enn i øvrige bygninger, i henholdsvis 50 % og 30 % av branntilfellene. Brannvesenet stopper ca. 50 % av brannene i særskilte brannobjekt, og ca. 60% av brannene i øvrige bygninger.

Blant årsakene til forskjellene mellom særskilte brannobjekter og øvrige bygninger nevnes (60):

- Større utbredelse av brannalarmanlegg, husbrannslanger og faste sløkkesystem i særskilte brannobjekter på grunn av krav i regelverk.
- Større grad av branncelleinndeling og seksjonering i særskilte brannobjekter.

- Fast personale er i større grad til stede i særskilte brannobjekter, og har regelverkskrav til å gjennomføre brannvernopplæring og regelmessige brannøvelser.



Figur 12 Bygningsbranner i forskjellige næringer i perioden 1994-2003 (35).

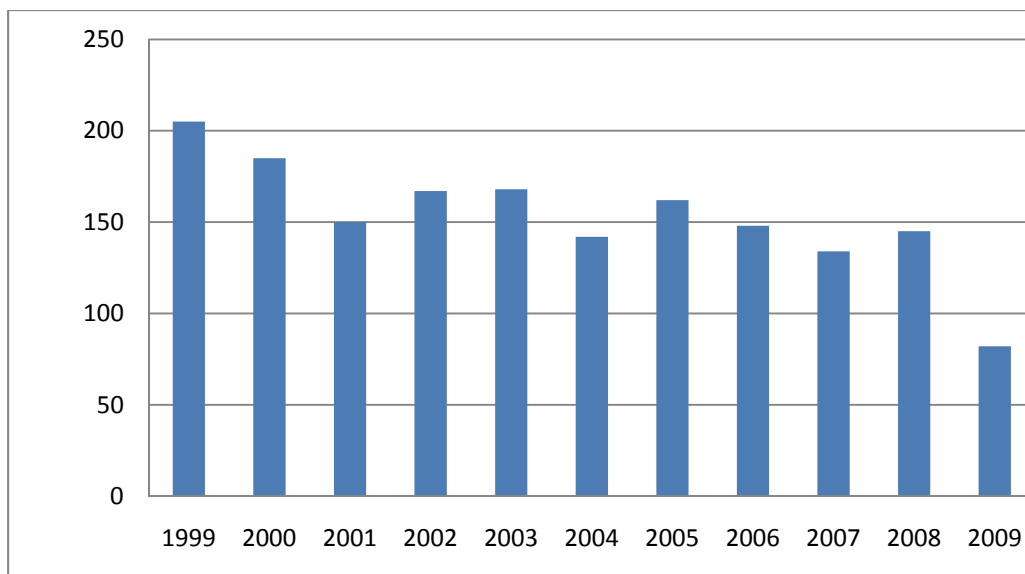
DSB har registrert antall bygningsbranner på landsbasis i helse- og sosialtjenesten for perioden 1999-2009 (oppdatert 20.11.2009). Denne statistikken viser følgende tall:

Tabell 1 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i Norge for perioden 1999-2009:

År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Gjennomsnitt
Antall branner	205	185	150	167	168	142	162	148	134	145	82	154

Totalt i perioden 1999-2009	1688
Gjennomsnitt: 1999-2003	175
Gjennomsnitt: 2004-2009	136

Statistikken for denne perioden viser en nedadgående trend i antall bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten på landsbasis, også ut over år 2003. I perioden 1999-2003 er gjennomsnittlig antall branner i helse- og sosialtjenesten 175 per år. Perioden 2004-2009 har derimot gjennomsnittlig 136 branner per år. Dette tilsvarer reduksjon på 22,3%. Totalt ble det registrert 1688 branner i helse- og sosialsektoren i perioden 1999-2009, med høyeste antall lik 205 i 1999.



Figur 13 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i Norge for perioden 1999-2009.

3.2.3 Statistikk over branner i sykehus og pleieinstitusjoner i Norge

Brannstatistikken for sykehus og pleieinstitusjoner i Norge er basert på tilsendt statistikk fra DSB. Denne statistikken består av regneark som viser antall bygningsbranner, med tilhørende brannårsaker. Statistikken viser også antall omkomne, med aldersfordeling. Følgende næringskoder inngår:

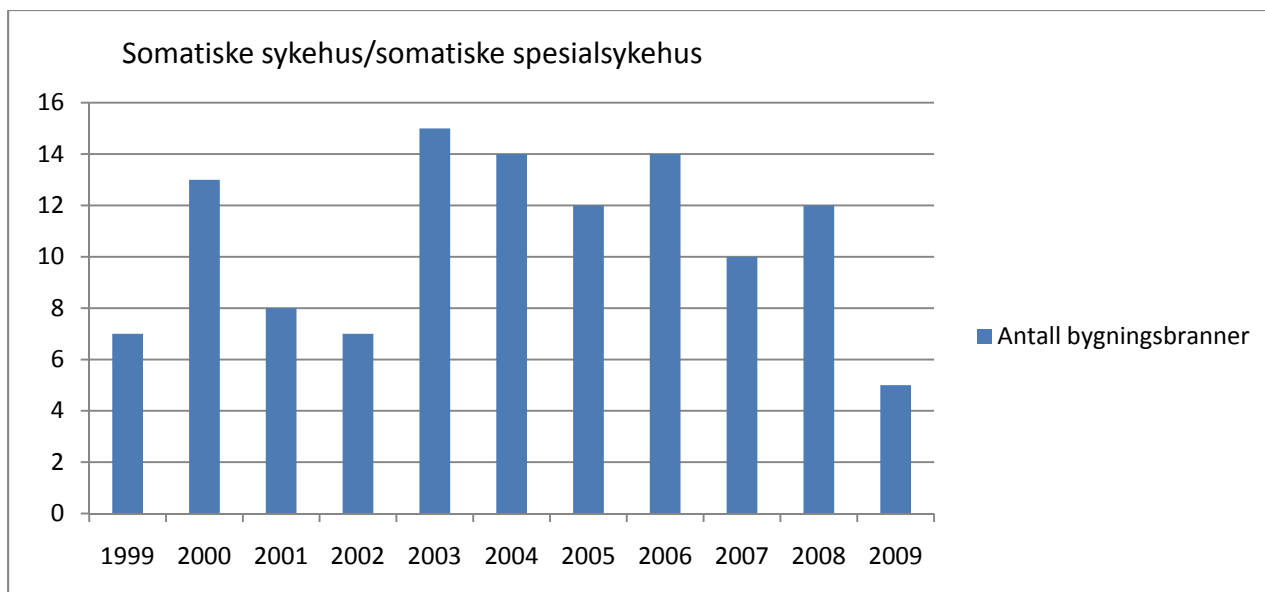
- Somatiske sykehus: 85.111
- Somatiske spesialsykehus: 85.112
- Somatiske sykehjem: 85.118
- Somatiske spesialsykehjem: 85.113
- Omsorgsinstitusjoner ellers: 85.319 med tilknyttet døgnbemanning.
- Oms. inst. for eldre og funksjonshemmede: 85.313
- Boliger/bokollektiv for eldre/ funksjonshemmede med fast tilknyttet personell: 85.322

3.2.3.1 Somatiske sykehus og somatiske spesialsykehus

Brannstatistikken for somatiske sykehus og somatiske spesialsykehus viser en svak økning i antall branntilfeller mellom periodene 1999-2003 og 2004-2008. Perioden 1999-2003 hadde et gjennomsnitt på 10 branner per år, mens det i perioden 2004-2008 gjennomsnittlig var 12 branner per år. Totalt var det 117 bygningsbranner i sykehus mellom 1999 og 2009, og gjennomsnittlig 11 branner per år.

Tabell 2 Tabell: Bygningsbranner i somatiske sykehus/somatiske spesialsykehus(1999-2009)

Somatiske sykehus:85.111 /somatiske spesialsykehus: 85.112													
År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Totalt	Gjennomsnitt
Antall	7	13	8	7	15	14	12	14	10	12	5	117	11



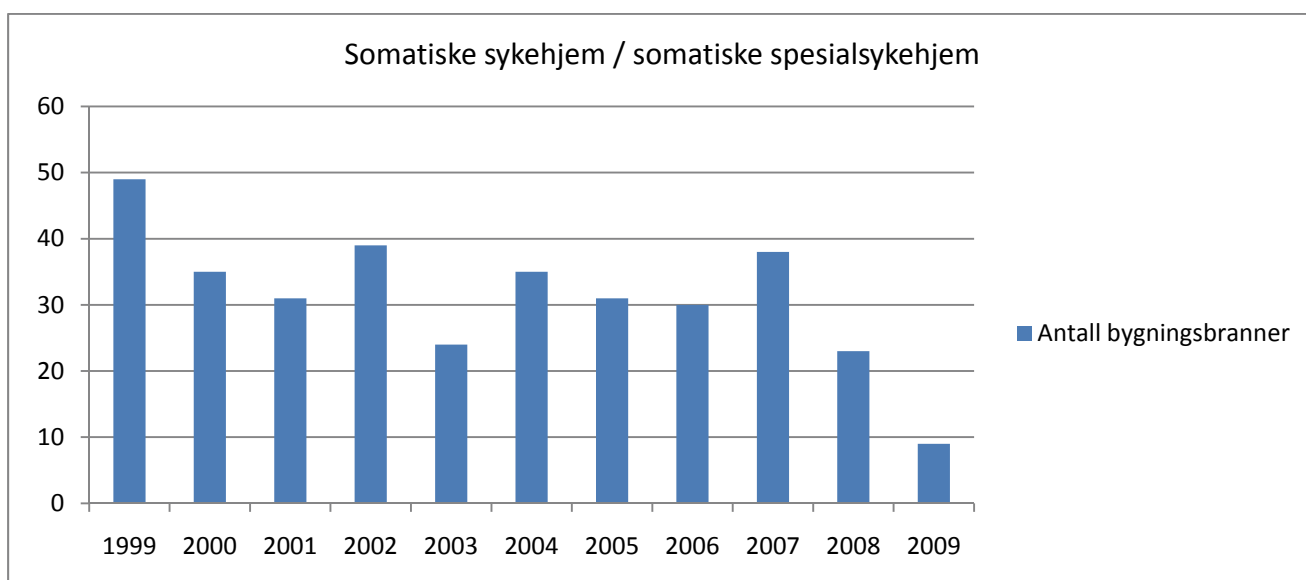
Figur 14 Bygningsbranner i somatiske sykehus/somatiske spesialsykehus(1999-2009)

3.2.3.2 Somatiske sykehjem og somatiske spesialsykehjem

I perioden 1999-2009 var det totalt 344 branner i somatiske sykehjem, nesten tre ganger så mange branner som i sykehus i samme periode. Brannstatistikken viser ingen klar tendens for bygningsbranner i sykehjem. Gjennomsnittet er på 32 branner per år i denne perioden. Antall branner i 2008 og 2009(t.o.m 30.10.2009) ligger langt under gjennomsnittet, med henholdsvis 23 og 9 registrerte branner, noe som kan tyde på en positiv utvikling de siste 2 år. Flest branntilfeller var det i 1999, med 49 branner.

Tabell 3 Bygningsbranner i somatiske sykehjem/somatiske spesialsykehjem(1999-2009)

Somatiske sykehjem:85.118 / somatiske spesialsykehjem: 85.113													
År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Totalt	Gjennomsnitt
Antall	49	35	31	39	24	35	31	30	38	23	9	344	32



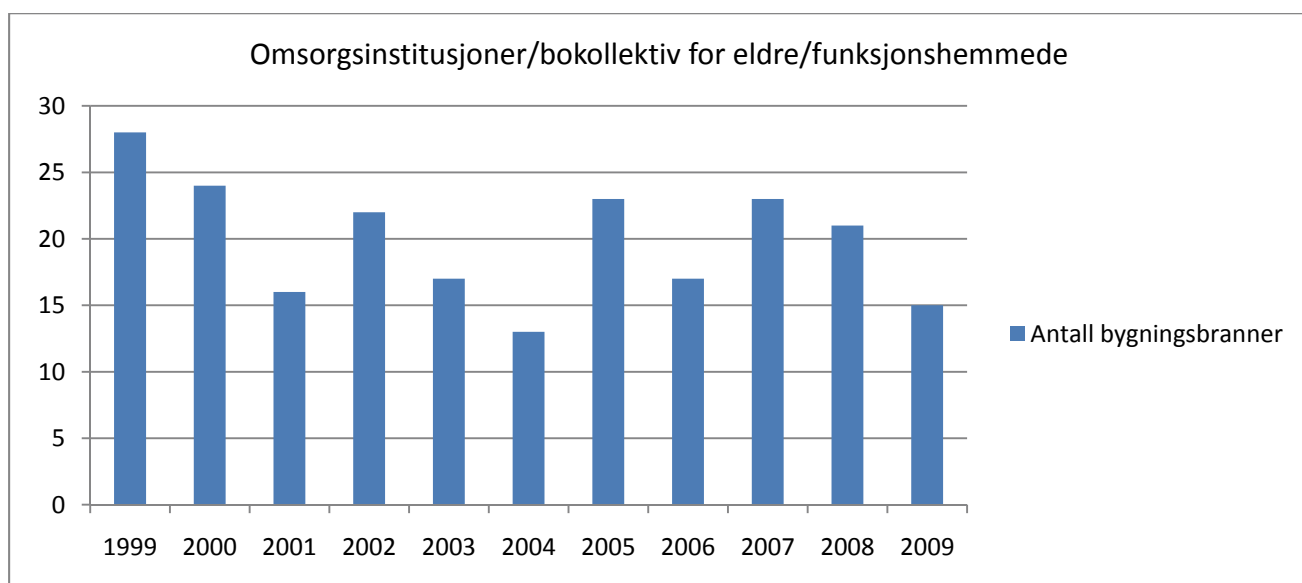
Figur 15 Bygningsbranner i somatiske sykehjem/somatiske spesialsykehjem(1999-2009)

3.2.3.3 Omsorgsinstitusjoner for eldre/funksjonshemmede med fast personell

Brannstatistikken for andre omsorgsinstitusjoner for eldre/funksjonshemmede med fast personale, viser en positiv utvikling i perioden 1999-2009. Det er gjennomsnittlig 20 branner i slike institusjoner per år i denne perioden. I perioden 1999-2003 er gjennomsnittet 21 branner per år, mens gjennomsnittet i perioden 2004-2009 er 19 per år. Totalt er det 219 branntilfeller mellom 1999 og 2009, hvorav det var flest branner i 1999 og færrest i 2004, henholdsvis 28 og 13 branner.

Tabell 4 Bygningsbranner i institusjoner for eldre/funksjonshemmede(1999-2009)

Omsorgsinstitusjoner/bokollektiv for eldre/fuksjonshemmede/ellers: 85.322,85.313,85.319													
År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Totalt	Gjennomsnitt
Antall	28	24	16	22	17	13	23	17	23	21	15	219	20



Figur 16 Bygningsbranner i institusjoner for eldre/funksjonshemmede(1999-2009)

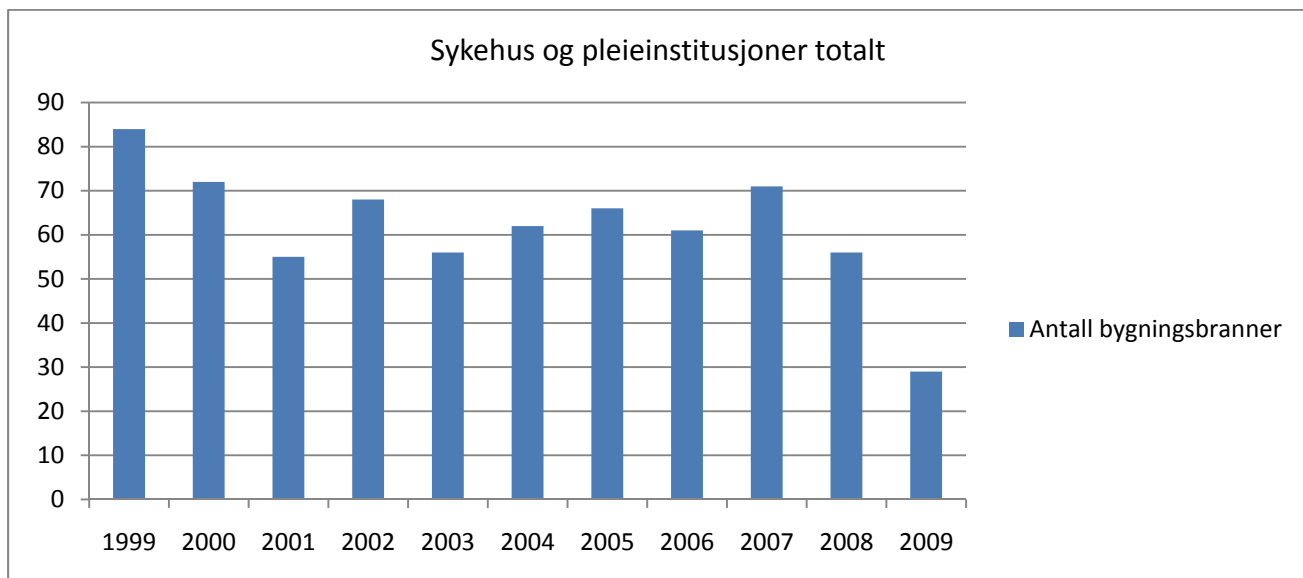
3.2.3.4 Sykehus og pleieinstitusjoner totalt

Figur 17 viser antall bygningsbranner i sykehus og pleieinstitusjoner totalt for perioden 1999-2009. Totalt ble det registrert 680 branner i denne perioden, med et gjennomsnitt på 62 branner per år. I perioden 1999-2003 var gjennomsnittlig antall branner 67 per år. Perioden 2004-2009 hadde til sammenligning gjennomsnittlig 58 branner per år. Dette kan tyde på en positiv utvikling for forebyggende brannsikkerhet de siste 5 år.

Av det totale antall branner i sykehus og pleieinstitusjoner utgjør sykehjemsbranner ca. 51%, sykehusbranner 17% og andre institusjonsbranner 32%. Dette viser at hovedandelen av brannene oppstår i pleieinstitusjoner. Dette kan delvis forklares med at antall døgnsengeplasser totalt er vesentlig høyere i pleieinstitusjoner enn i sykehus. Samtidig er sykehjemsbygg beboernes bolig, og graden av overvåking fra ansatte er lavere enn i sykehus. I perioden 2004-2008 har imidlertid gjennomsnittlig antall branner per år økt i sykehus, mens det tilsvarende har sunket i sykehjem og andre pleieinstitusjoner.

Tabell 5 Bygningsbranner i sykehus og pleieinstitusjoner totalt(1999-2009)

Sykehus og pleieinstitusjoner totalt: 85.111, 85.112, 85.118, 85.113, 85.319, 85.322, 85.313													
År	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Totalt	Gjennomsnitt
Antall	84	72	55	68	56	62	66	61	71	56	29	680	62



Figur 17 Bygningsbranner i sykehus og pleieinstitusjoner totalt(1999-2009)

3.2.4 Brannårsaker

Politiet er pålagt å etterforske alle branner. Når brannårsaken er identifisert sendes en rapport til DSB, i form av et GP-5101 skjema. På bakgrunn av disse data utarbeider DSB statistikk over brannårsaker for bygningsbranner.

Bar ild og elektrisitet er de største brannårsakene på landsbasis. Bar ild omfatter blant annet røyking, levende lys, piper og ildsteder. Fire av ti branner har sammenheng med elektrisitet. Videre skyldes halvparten av brannene med elektrisk årsak feil bruk av utstyr, hovedsakelig tørrkoking. Ved dødsbranner er det imidlertid røyking og tørrkoking de største årsakene, generelt for alle bygningsbranner.

3.2.4.1 Ukjent brannårsak

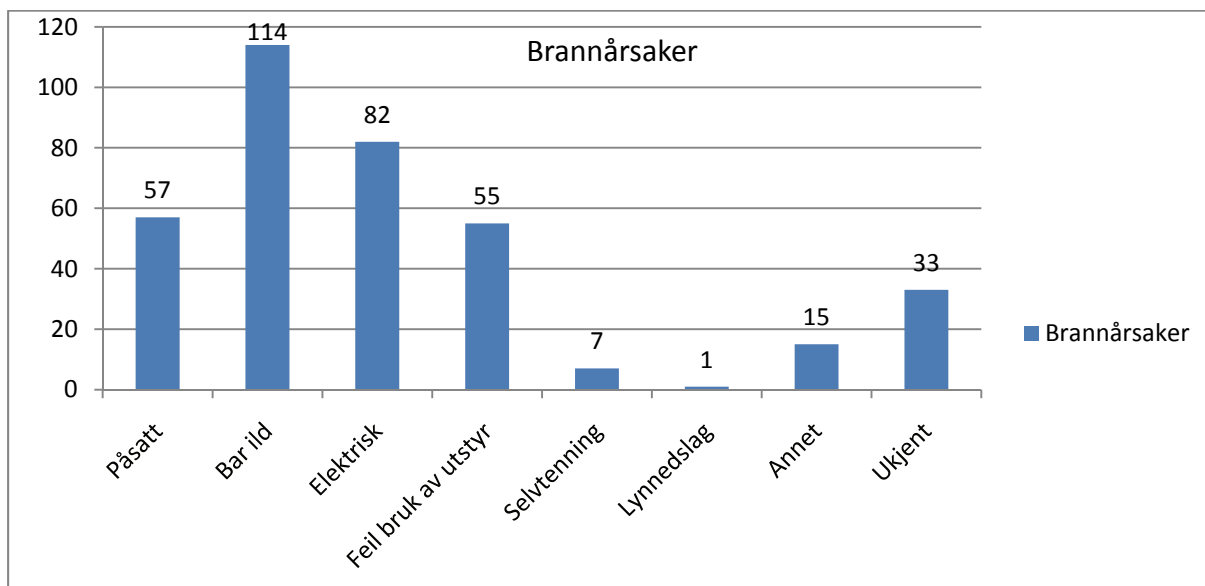
DSB får ikke informasjon om brannårsak for alle branner. Ukjente brannårsaker medfører usikkerhet i mottatt brannårsaksoversikt fra DSB, da en stor del av branntilløpene ikke blir registrert med brannårsak. I denne statistikken var 54% av bygningsbrannene i sykehus og pleieinstitusjoner oppgitt med brannårsak. Manglende identifisering av brannårsaker skyldes:

- Mangelfull rapportering.
- Ukjente brannårsaker.
- Brannen er ikke etterforsket.

3.2.4.2 Brannårsaker i sykehus og pleieinstitusjoner totalt

Figur 18 viser antall og fordeling av brannårsaker i sykehus og pleieinstitusjoner totalt for perioden 1999-2009, på bakgrunn av tilsendt statistikk fra DSB. Bar ild er den hyppigste brannårsaken utgjørende 31 % av innmeldte brannårsaker, hvorav de tre største andelene utgjør røyking, levende lys og aske fra ildsteder/askebeiger.

Den nest største gruppen er elektrisk årsak, hvorav postene ”annet” og ”serielysbue” er de hyppigste. Elektrisk årsak utgjør 23% av brannårsakene. Gruppen feil bruk av utstyr utgjør 16% av brannårsakene, hvorav postene tørrkoking og tildekking de største.

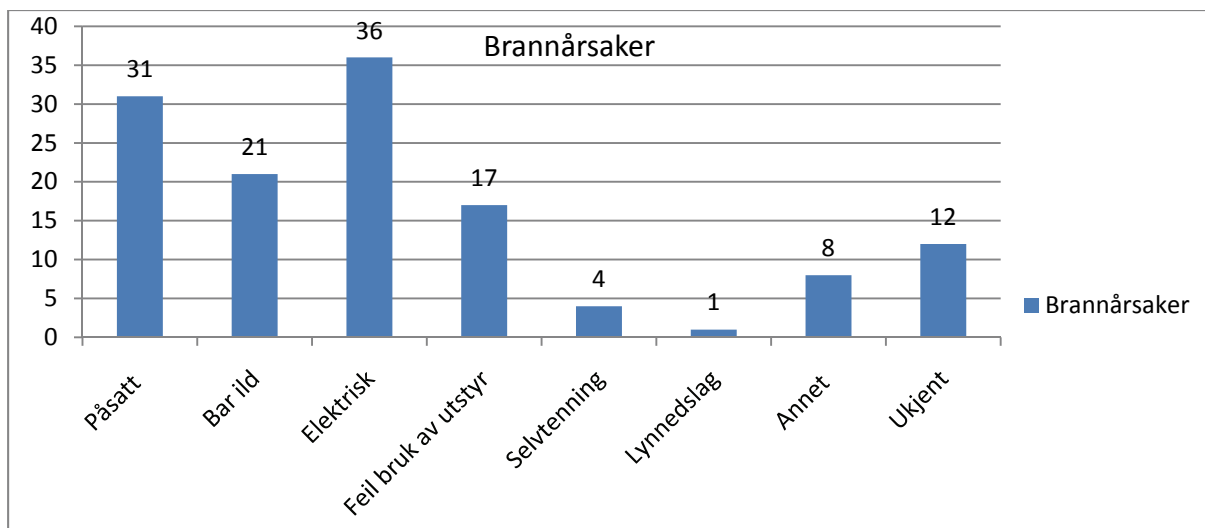


Figur 18 Brannårsaker i sykehus og pleieinstitusjoner i perioden 1999-2009

3.2.4.3 Brannårsaker i sykehus

Figur 19 viser antall og fordeling av brannårsaker i sykehus i perioden 1999-2009, på bakgrunn av tilsendt statistikk fra DSB. Statistikken viser at den vanligste brannårsaken i sykehus er elektrisk årsak, som utgjør ca. 28 % av innmeldte brannårsaker i sykehus. Av de elektriske brannårsakene er postene "annet", "termostatsvikt" og "serielysbue" de hyppigste. Dette er brannårsaker som er vanskelig å oppdage og forebygge med organisatoriske tiltak, og som må belages på jevnlig sakkyndig kontroll med elektrisk utstyr. Det at elektriske brannårsaker er de hyppigste i sykehus, kan tyde at sykehusene er flinke til å håndtere og forebygge andre vanlige brannårsaker som bar ild og feil bruk av elektrisk utstyr.

Bar ild og påsatte branner utgjør henholdsvis 24 % og 16 % av innmeldte brannårsaker i sykehus. Påsatte branner er trolig et problem i psykiatriske sykehus, hvor pasienter kan sette fyr på inventar som madrasser og sengetøy. Av brannårsakene som skyldes bar ild, er postene "røyking", "fyrstikker/fyrtøy" og "annet" de hyppigste. Statistikken viser at levende lys ikke er en like hyppig brannårsak i sykehus, som i sykehjem. Dette kan skyldes strengere kontroll og oppsyn i sykehus, samt totalforbud mot levende lys ved enkelte sykehus.



Figur 19 Brannårsaker i sykehus i perioden 1999-2009

3.2.5 Brannomkomne

I rapporten *Effekt av boligsprinkler i omsorgsboliger* konkluderer SINTEF NBL med at befolkningsgruppen over 70 år har 4 ganger høyere dødsbrannhyppighet enn resten av befolkningen. 20-40% av omkomne i brann er 70 år eller eldre (61). Statistikk fra Statistisk Sentralbyrå viser samtidig at hovedandelen av beboere i pleieinstitusjoner er over 70 år (56).

Andelen av personer over 70 år som bor i institusjon eller på sykehus, har trolig ytterlig dårligere allmenntilstand og kan antas å ha større risiko for å omkomme i brann.

Dødsbrannrisiko er avhengig av (61):

- Hyppighet av branner
- Sannsynlighet for at en person dør dersom brann oppstår.

Hyppighet av branner vil igjen være avhengig av om personer med full førlighet er tilstede for å slokke brannen. Faktorer som øker dødsbrannrisikoen for eldre er (61):

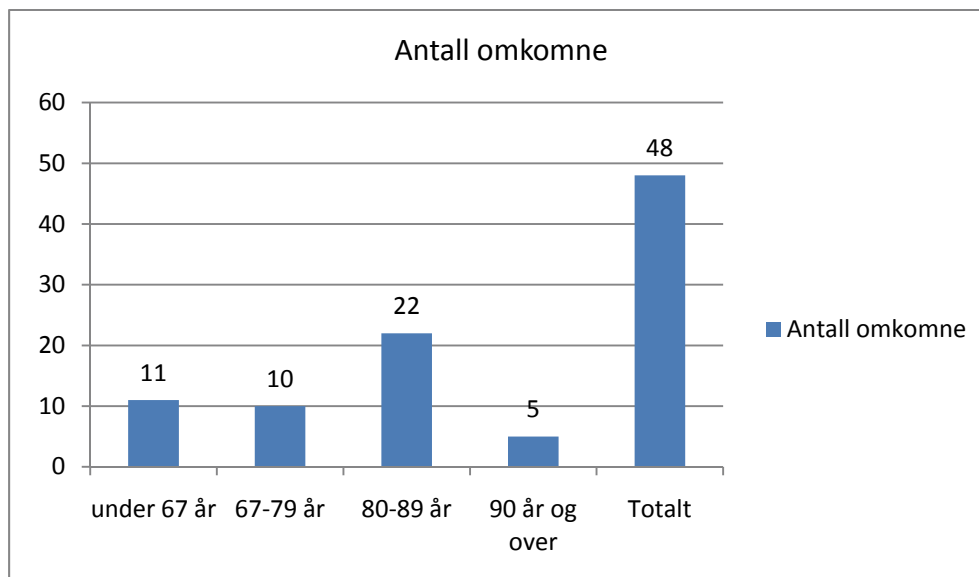
- Større problemer med å detektere/oppdage brannen
- Dårligere reaksjonsevne
- Forflytter seg saktere
- Problemer med å benytte rømningsveier som vindu og trapper
- Større grad avhengig av assistert rømning
- Lavere toleranse for branngasser og temperaturer enn friske personer.

Tabell 6 Dødshyppighet i brann i Norge (61)

	Dødshyppighet i brann[antall døde per 100 000 innbyggere]	Kommentar
Hele befolkningen	1,4	Snitt for perioden 1995-1999
Personer >70 år	4,3	Snitt for perioden 1985-1998
Personer <70 år	1,1	Snitt for perioden 1990-1999

3.2.5.1 Brannomkomne i sykehus og pleieinstitusjoner

Figur 13 viser antall brannomkomne i sykehus og pleieinstitusjoner i Norge for perioden 1994-2009, basert på tilsendt statistikk fra DSB. Totalt omkom 48 personer i sykehus og pleieinstitusjoner i denne perioden. Av de omkomne er andelen kvinner og menn henholdsvis 54% og 46%. Den største gruppen er 80-89 år, og utgjør 46% av tilfellene.



Figur 20 Antall brannomkomne i sykehus og pleieinstitusjoner i perioden 1994-2009.

3.3 Nordisk brannstatistikk

Nordstat er et nordisk samarbeid for brannstatistikk. Samarbeidet har resultert i en felles internettside som publiserer sammenlignbar statistikk over brannvesenets utrykninger til branner og andre hendelser i de nordiske landene. Dataene strekker seg tilbake til 1995 og oppdateres årlig (62).

3.3.1 Vurdering av datakvalitet

Statistikken fra Nordstat.net åpner for å sammenligne brannstatistikken for helse- og sosialtjenesten for alle de nordiske landene. For Island mangler det imidlertid brannstatistikk. Statistikkens pålitelighet/validitet er noe usikker. Det kan være forskjeller i rapportering og registrering mellom de ulike landene, og det er uvisst i hvilken grad dette er tatt hensyn til i statistikken fra Nordstat. Samtidig er det ikke oppgitt hvor mange helsebygninger det er samlet statistikk fra i de ulike landene.

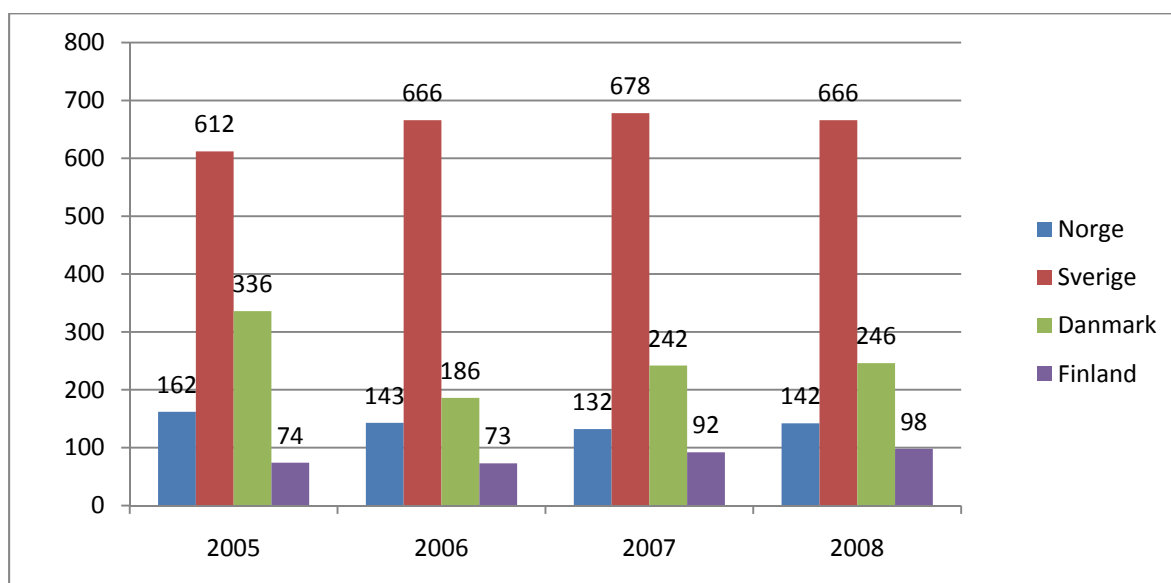
3.3.2 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten

Tabell 7 viser antall bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten, samt prosentandel disse brannene utgjør av totalt antall bygningsbranner for hvert enkelt land i perioden 2005-2008 (62).

Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten utgjør en større prosentandel av totalt antall bygningsbranner i Norge og Danmark enn i Sverige og Finland, i denne perioden. Sverige har langt flere branner enn de øvrige nordiske landene, gjennomsnittlig 656 branner per år i perioden 2005-2008. Dette er til sammenligning over dobbelt så mange branner som i Danmark, som har nest flest branner med et gjennomsnitt på 253 branner per år. Norge og Finland har gjennomsnittlig henholdsvis 145 og 84 branner per år.

Tabell 7 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i nordiske land, perioden 2005-2008 (62).

Land	Norge		Sverige		Danmark		Finland	
	Branner	Prosent	Branner	Prosent	Branner	Prosent	Branner	Prosent
2005	162	6	612	6	336	3	74	2
2006	143	5	666	6	186	2	73	2
2007	132	5	678	6	242	3	92	2
2008	142	5	666	6	246	3	98	2



Figur 21 Bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i Nordiske land, perioden 2005-2008 (62).

Tabell 8 viser antall bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten per 100 000 innbyggere for de nordiske landene i 2008 (62). Tallene kan representere hele perioden 2005-2008, da utviklingen for bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten har vært tilnærmet konstant for alle landene. Sverige og Danmark er de landene som har flest branner, og samtidig flest branner per innbygger. Norge og Finland færrest branner, og også færrest branner per innbygger. Til sammenligning har Sverige over dobbelt så mange branner per 100 000 innbyggere som Norge, og nesten 3 ganger så mange som Finland.

Tabell 8 Antall bygningsbranner per 100 000 innbyggere i helse- og sosialtjenesten i nordiske land, 2008.

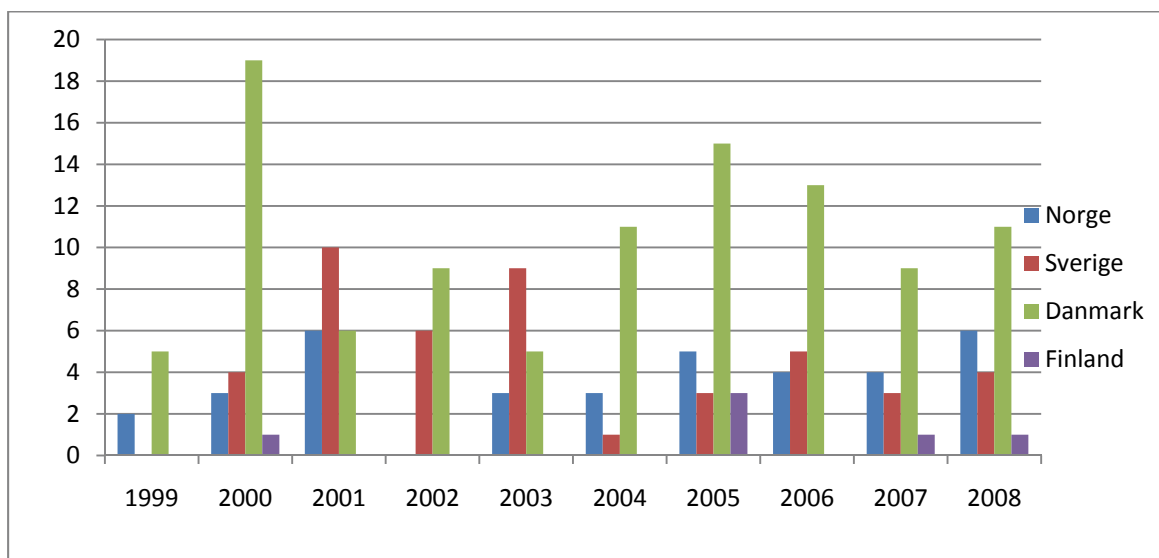
Land	Norge	Sverige	Danmark	Finland
Branner/100 000 innb.	3,1	7,4	4,5	1,9

3.3.3 Brannomkomne

Figur 15 og tabell 9 viser antall brannomkomne i helse- og sosialtjenesten i nordiske land i perioden 1999-2008, basert på statistikk fra Nordstat (62). Danmark og Sverige var landene med flest brannomkomne i denne perioden, med henholdsvis 103 og 45 omkomne. Norge og Finland hadde henholdsvis 36 og 6 brannomkomne i samme periode. Selv om Sverige har flest bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten i perioden 2005-2008, har likevel Danmark flest brannomkomne ifølge statistikken til Nordstat.

Tabell 9 Totalt antall brannomkomne i helse- og sosialtjenesten i nordiske land, 1999-2008 (62).

Land	Norge	Sverige	Danmark	Finland
Antall brannomkomne	36	45	103	6
Gjennomsnitt per år	3,6	4,5	10,3	0,6



Figur 22 Brannomkomne i helse og sosialtjenesten i nordiske land, 1999-2008 (62).

4 Sykehusbygg og branntekniske utfordringer

I dette kapittelet presenteres inntrufne branner i norske helsebygg, branntekniske utfordringer i sykehus, samt aktuelle brannsikkerhetstiltak i sykehusbygg og preaksepterte løsninger for sykehuskorridorer og pasientrom i Norge, Sverige og Danmark.

4.1 Sykehusbygg i Norge

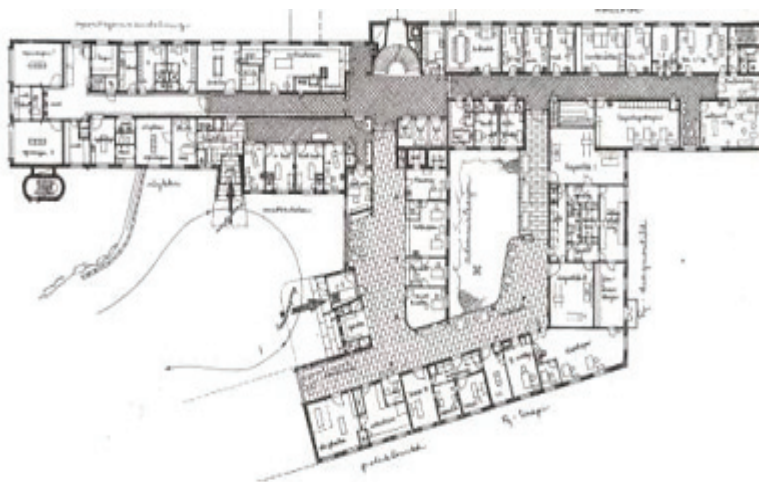
Byggeskikken i norske sykehus har vært gjennom stadige endringer siden tidlig på 1900-tallet. NTNU- prosjektoppgaven: *Tilpasningsdyktighet i eksisterende og nye sykehus (2005)* av Gulbrandsen og Andersen (63) gir en god oversikt over utviklingen av byggeskikk i norske sykehus i ulike tidsperioder. Kildene er i stor grad hentet fra Årbok 2000 fra Fortidsminneforeningen.

4.1.1 Sykehus- 1950-tallet

Det ble oppført mange små sykehus på 1950-tallet som en del av gjenreisningen av landet etter 2. verdenskrig. Kommunene og private helseforetak stod for store deler av utbyggingen, mens Staten hadde en mindre sentral rolle (63).

Det var vanlig å bygge sykehusene med en stor høyblokk med sengeposter i midten, og lave bygninger rundt. Sykehusene ble oppført med lav etasjehøyde og med smale bygningskropper. De bærende konstruksjonene ble dimensjonert med høy kapasitetsutnyttelse, og sykehusene var derfor ikke godt egnet for eventuelle påbygginger. Sykehusene ble innrettet med naturlig ventilasjon, og liten plass i sjakter, føringsveier og himlinger. Samtidig hadde elektriske anlegg liten kapasitet. Innerveggene var ofte murte selv om de ikke var bærende. Asbest og andre helsefarlige stoffer var vanlig, og benyttet i blant annet maling, vinduer, kledningsplater og lysarmaturer (63).

Avdelingene ble inndelt med plasser til 25-30 pasienter per sykepost. Slike enheter bestod av sykerom og tilhørende birom. Sykestuene hadde enkel standard og ble vanligvis plassert på en side av korridoren, med arbeidsrom og birom på den andre siden. Figur 23 viser plantegning av Halden Sykehus i denne tidsperioden (63):



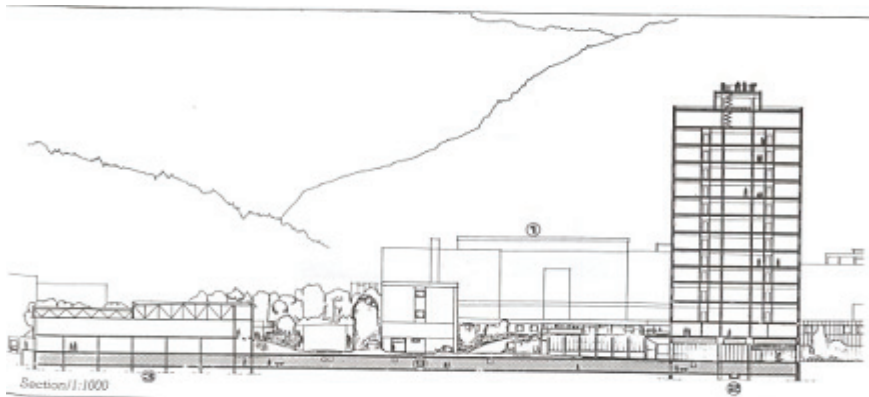
Figur 23 Halden Sykehus 1950-tallet (63)

4.1.2 Sykehus- 1970-tallet

Sykehusloven kom i 1969 og videreførte sykehusutbyggingen i Norge. Dette resulterte i en ordning med ett sentralsykehus i hver fylkeskommune, plassert i de områdene som hadde størst befolkningstetthet. Lokalsykehusene ble plassert i mindre byer og tettsteder (63).

På 1970-tallet ble sykehusene ofte utformet som høyblokker med fokus på funksjonalitet. Det ble installert mekanisk- framfor naturlig ventilasjon, og tekniske innretninger ble samlet i egne etasjer. Bærende konstruksjoner ble i stor grad oppført i betongelementer og plasstøpt betong. Det ble benyttet mange helseskadelige stoffer i byggematerialene, spesielt PVC og asbest (63).

Det var vanlig å plassere sykepostene i høyblokk, med behandlingsavdelinger i lavere omkringliggende bygninger. Sykehuset Buskerud er et eksempel på sykehusbygg fra denne perioden (63):



Figur 24 Sykehuset Buskerud 1970-tallet (63)

4.1.3 Dagens sykehus

I dagens norske sykehus er det pasientene som er i sentrum. Høyblokkene blir gradvis erstattet med flere lavere og åpnere bygninger organisert i en bystruktur, hvor byggene bindes sammen med gangbroer og kulverter. Fokuset er rettet på trivsel for pasienter og ansatte. Mange sykehus har bygningsmasse fra flere ulike tidsperioder, da ombygging, påbygging og nybygging skjer gradvis. Eksempler på dette er Sykehuset Elverum og Sykehuset Levanger, som har blandede bygningsmasser oppført mellom 1897 og 2005 (63).

Sykehusene og spesialhelsetjenesten er i dag organisert fire regionale helseforetak; Helse Nord, Helse Midt-Norge, Helse Vest og Helse Sør-Øst. Staten tok over ansvaret for sykehusene fra fylkeskommunen i 2002, og med dette kom regelen om fritt sykehusvalg i Norge. Pasientene kan dermed selv velge hvilket sykehus de vil behandles ved (63).

Framskritt i medisinsk teknologi har gradvis redusert behovet for liggetid for pasienter i sykehus. Teknikker som f.eks kikkhullkirurgi gjør at pasienter kan reise hjem samme dag som de blir operert (63). Sykehusene fokuserer derfor på rask behandling og utskrivning av pasienter, og det etterstrebes stadig mer effektive løsninger for pasientbehandling og sykehuslogistikk.

Nye sykehusbygg bygges med åpenhet, tilpasningsdyktighet og pasientene i fokus, og nevnes i visjonene for St. Olavs Hospital i Trondheim, Riskhospitalet i Oslo og nye Akershus

Universitetssykehus(Ahus). Bygningene har åpne løsninger og arkitektur, og bygges lavere enn hva som var vanlig på 1950- og 1970-tallet.



Figur 25 Nye Ahus (64)

Stål og betong(hulldykker og plasstøpt) er vanlig benyttet i bærende konstruksjoner. Slike konstruksjoner er fleksible for innvendige ombygginger på grunn av store spennvidder.. Innvendige vegger er ofte ikke-bærende gipsvegger, mens yttervegger ofte utføres som murt forblending. Det stilles i dag strengere tekniske krav til utforming av sykehus. Balansert ventilasjon med varmegjenvinner er med på å bedre luftkvaliteten, og gir bedre mulighet til å kontrollere ventilasjonen i forhold til operasjonsavdelinger og smittesoner (63).

Sengetun

Både St. Olavs Hospital og nye Ahus organiserer avdelinger som sengetun. Sengetun består av en åpen arbeidsstasjon omkranset av mellom 6 og 8 sengerom (63).

I nye Ahus er sengeavdelingene samlet i 4 sengebygg, som er delt opp i sengeområder på 28 senger. Disse sengeområdene er igjen inndelt i sengetun med 7 senger fordelt på 3 enerom og 2 tomannsrom, alle med eget bad. Sengeområdene har tilhørende spiserom, oppholdsrom, og kjøkken. En arbeidsstasjon for personalet tilhører hvert sengetun, med lagerplass og samtalerom. Arbeidsstasjonene er plassert i korridor, sentralt i forhold til sengerommene (65).

St. Olavs Hospital benytter også romløsningen med sengetun. Disse består av 8 sengeplasser i enerom plassert rundt en åpen arbeidsstasjon, inklusive lager, bad og isolat. Et sengeområde utgjør 6 sengetun og 48 sengeplasser som samles i en etasje i et av senterbyggene (66).

Sengeområde 5. etg. Nevrosenteret - plassering av funksjoner i sengeområdet

- sengerom, pasientbad
- pas. bibl., kjøkken/spis, samtale, vente, pasient wc,
- forsyning forbruksvarer, medisin
- etasjeekspedisjon, arbeidstasjon, UB rom, kontor, møte, skrive, undervisn.rom, utstyr, skylle



Figur 26 Sengetun nevrosenteret St. Olavs Hospital (67)

4.2 Branner i norske sykehus og pleieinstitusjoner

Brann i helsebygg kan få alvorlige utfall. Ofte er dette større bygninger med høy personbelastning fra både pasienter, beboere og ansatte, og branntekniske paralleller kan trekkes mellom sykehus og pleieinstitusjoner. Lav bemanning på nattevakter, ofte ned til 2 personer [(68), (69), (70)], kan gjøre forholdne svært vanskelig i en eventuell sløkke/evakueringssituasjon. Dette setter skjerpede krav til både tekniske og organisatoriske brannsikkerhetstiltak for å forebygge person- og materiellskader ved brann. Dette kapittelet vil se på hvordan virkelige branner har forløpt i sykehus og pleieinstitusjoner. Branner i pleieinstitusjoner undersøkes fordi slike bygg har sammenlignbare branntekniske utfordringer som enkelte pleieavdelinger i sykehus. Inntrufne branner i norske pleieinstitusjoner har fått alvorlige konsekvenser i form av flere omkomne i samme brann, noe som gjør det interessant å undersøke forløpet av disse brannene.

4.2.1 Branner

De siste årene har det vært en rekke branntilløp i sykehus og pleieinstitusjoner (tabell 7). Et utvalg av brannene vil presenteres i det etterfølgende. Materialet er hovedsakelig hentet fra granskningsrapporter fra Statens bygningstekniske etat (BE), Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), BE og DSB forvalter henholdsvis plan- og bygningsloven og brann- og eksplosjonsvernloven med forskrifter. Begge etatene evaluerer hendelser som har ført til tap av liv eller betydelig skade på person eller materiell. Dette gjøres for å avdekke om aktuelle brannobjekt samsvarer med regelverkets krav, om regelverket fungerer og for å iverksette tiltak for å hindre gjentagelse. Materiale er også hentet fra rapporten *Branner; systematisering og analyse. Sykehus- og sykehjemsbranners tidlige fase (1980)* (70) fra SINTEF NBL, samt ulike presseklipp.

4.2.1.1 Granskningsrapporter

Sveio Omsorgssenter, 9. juni 2007

Klokken 01:59 den 9. juni 2007 brøt det ut brann i Klokkarbakken avdeling for senil-demente ved Sveio Omsorgssenter. Avdelingen er plassert i et tilbygg til eksisterende sykehjem. To pasienter omkom, mens sju pasienter i første etasje var direkte truet av brannen. Brannen startet bak et kjøleskap i et lite strykerom/ lager i første etasje. Det var i alt 52 beboere på omsorgssenteret da brannen inntraff. 20 av disse var i omsorgsboligene, 32 på sykehjemmet, hvorav 13 på Klokkarbakken (71).

Brannen ble ukontrollerbar etter 3 minutter, med et raskt og dramatisk brannforløp. Automatisk slokkeanlegg er eneste forebyggende brannvern som kunne ha begrenset eller stoppet brannen (71).

Fire ansatte og en ekstravakt greide å redde ut fire pasienter som var direkte truet, samt å varsle brannvesenet innen situasjonen ble kritisk. Brannvesenet var raskt på stedet. De reddet den femte pasienten som var direkte truet, og hindret brannspredning til resten av bygget. Beredskapsplanene til kommunen ble iverksatt en time etter brannstart, og ble gjennomført på en god måte (71).

Avvik/faktorer som påvirket brannforløpet (71):

- Brannvesenet har ikke gitt pålegg med etterfølgende reaksjoner når viktige avvik ikke har blitt rettet eller fulgt opp.
- Brannvernleder var gitt for mye ansvar i kommunens "HMS-internkontrollhåndbok".
- I de fleste rom var det ikke mulig å få ut sengene. Evakuering var forutsatt å foregå ved å følge pasientene ut, eller ved brannmannsgrep.
- Det forelå ikke dokumentasjon som viste lagsiktig planlegging av brannvernopplæring og øvelser. Oppmøte til øvelser var ikke dokumentert.
- Alarmanlegg hadde ikke direktevarsling til brannvesen. Alarmadressene til anlegget var ikke oppdatert, som gjorde at personalet først søkte etter brannen på feil sted. Bygget hadde ikke sprinkleranlegg.
- Åpen selvlukkende branndør i korridoren førte til fri brann- og røykspredning i hele korridorens lengde, samt overtenning av korridoren. Trekiler og tau ble brukt for å holde døren åpen.
- Døren til et pasientrom i første etasje ble stående åpen. En kvinne omkom på dette rommet.
- Et ombygget hobbyrom ble brukt som pasientrom. Dette rommet fikk sterk røykgjennomtrengning, samt gjennombrenning av dørblad og dyttefuge. En kvinne ble reddet ut av dette rommet, men omkom senere på sykehuset.
- Dør til brannrommet ble åpnet av personalet, som førte til branneeksplosjon.
- Tilfeldigheter gjorde at 4 ansatte og en ekstravakt var tilstede, mot normalt 2 ansatte på nattevakt. Granskningsrapporten konkluderer med at det sannsynligvis ikke hadde vært mulig å redde 4 personer med kun 2 ansatte tilstede i bygget.

Bergseng bo- og servicesenter, 18.mars 2001

Den 18. mars 2001 oppstod brann i Bergseng bo- og servicesenter i Harstad. Senteret er bygd i tre etasjer, og inneholder en senil-dement avdeling med 9 plasser, 28 boenheter for eldre med omsorgsbehov samt administrasjonslokaler for pleie- og omsorgssektoren (69).

Brannen startet på kjøkkenet i første etasje, og utviklet seg raskt. Kjøkkenet var utformet som egen branncelle tilknyttet rømningsvei(korridor), men en åpen dør gjorde at hele korridoren ble fylt med røyk (69).

Senteret har helautomatisk brannalarmanlegg som detekterte brannen og ga direktevarsling til brannvesenet i Harstad. Brannvesenet rykket raskt ut, og slokket brannen effektivt med vann fra innsiden. Røykdykkersøk ble iverksatt og to kvinner og en mann ble hentet ut av bygget. Alle tre var omkommet. 4 andre beboere var direkte truet av brannen. Bygget fikk betydelige sot- og røykskader (69).

Avvik/faktorer som påvirket brannforløpet (69):

- Bygget hadde automatisk brannalarmanlegg som ga tidlig varsling til brannvesen og beboere/ansatte i bygget.
- Bygget hadde ikke installert sprinkleranlegg, som trolig ville slokket brannen og hindret røykspredning.
- Kun to personer var på vakt ved senil-dement avdelingen.
- Ingen åpenbare brudd på byggeforskriften ble avdekket.

Hoveseterhjemmet, 21. april 2000

21.apri 2000 begynte det å brenne på Hoveseterhjemmet i Oslo. Hoveseterhjemmet er et sykehjem oppført i 1978. Bygget er utført i 6 etasjer med 2 underetasjer.

Brannen startet i et pasientrom i tredje etasje som følge av bar ild. Brannalarmanlegget ble utløst og betjeningen søkte først gjennom 5. etasje etter å ha lest feil på branntavla. Etter videre søk oppdaget de røyk og flammer fra pasientrommet. Det ble iverksatt evakuering fram til brannvesenet ankom (72).

Brannvesenet var på stedet 10 minutter etter direktevarsling fra brannalarmanlegget. Brannen på pasientrommet ble raskt slukket og røykdykkerinnsats ble iverksatt. Røyk spredte seg fra brannrommet til korridor, samt de pasientrom der dørene ble åpnet. Røykskilledørene ble stående åpne på grunn av evakueringen, og røyken spredte seg derfor til resten av etasjen.

Totalt ble 77 personer evakuert/båret ned til resepsjonen. 3 personer omkom, to umiddelbart i brannen og en senere på sykehus. Totalt ble 27 personer sendt til sykehus og legevakt (72).

Avvik/faktorer som påvirket brannforløpet (72):

- Bygget hadde automatisk brannalarmanlegg, men ikke sprinkleranlegg. Sprinklerhode på pasientrom kunne trolig slokket brannen og hindret røykspredning.
- Personalet leste av brannalarmanlegget feil, og søkte først gjennom 5. etasje.

- Feilmelding på brannalarmanlegget kan ha forsinket alarmering på bygget og til brannvesen. Dette var påpekt som avvik ved tilsyn, men ikke blitt lukket.
- Handlekraftig personale detekterte brannen og startet umiddelbar evakuering.
- Åpne pasientrom- og røykskilledører førte til røykspredning i hele 3. etasje.

4.2.1.2 Forskningsrapport SINTEF NBL

Lillehammer Fylkessykehus, 12.januar 1980

Lillehammer Sykehus er utformet i 12. etasjer og ubrannbare bygningsselementer. 12. januar 1980 oppstår brann i en seng i et pasientrom. Brannen ble oppdaget av en forbipasserende pasient, som varsler betjeningen. En pasient befant seg i sengen som ble antent (70).

En pleier løftet pasienten ut av den brennende sengen, og ut av rommet. En annen pleier begynte å trekke ut brannslange mens flere pleiere kom til. Pleierne prøvde å slokke brannen med brannslangen, men lyktes ikke. Røyk spredte seg ut i korridoren. Døren til brannrommet ble lukket, og personalet iverksatte evakuering av pasienter. Ytterligere forsøk på slokking mislykkes (70).

Brannvesenet ankom etter direktevarsling, og røykdykkere slo ned brannen. Pasienten i sengen pådro seg forbrenning i foten.

Avvik/faktorer som påvirket brannforløpet (70):

- Bygget hadde automatisk brannalarmanlegg med direktevarsling til brannvesenet.
- Det var utarbeidet egen branninstruks for bygget. Gjeldende avdeling gjennomførte årlig brannøvelse.
- Handlekraftige pleiere fikk iverksatt evakuering av pasienter og hindret brann- og røykspredning inntil brannvesenet ankom.

Alstadhaug Sykehjem, 16. mars 1979

Alstadhaug i Sandnessjøen var et nytt sykehjem med plass til 27 pasienter. Den 16. mars 1979 tar det fyr i en madrass/sengetøy på et pasientrom. Dette ga kraftig røykutvikling, og røykspredning fra brannrommet ut i korridoren og inn i ventilasjonsanlegget (70).

De 3 pleierne som var på vakt oppdaget brannen når røyk drev forbi personalrommet. Korridoren ble fylt med røyk, og pleierne tok med seg en pasient som befant seg i nærheten uten å oppsøke brannrommet for slokkeinnsats. Brannvesenet ble varslet. Før brannvesenet ankom oppstod overtenning i brannrommet som førte til at brannen spredte seg til taket. Ved brannvesenets ankomst startet frivillig redningsaksjon. Totalt omkom 14 pasienter (70).

Avvik/faktorer som påvirket brannforløpet (70):

- Bygget hadde ingen automatisk brannvarsling eller manuelle meldere. Med dette montert kunne rask evakuering blitt iverksatt, samt gitt tidlig varsling til brannvesenet.
- Det fantes ikke branninstruks for bygget, personalet hadde ingen brannvernopplæring. Personalet utførte ingen slokkeinnsats, og døren til brannrommet ble stående åpen. Hadde brannen blitt oppdaget tidlig, kunne den raskt blitt slokket av personalet.

Gullhella Sykehjem, 6. november 1970

Gullhella Sykehjem i Asker er et eldre toetasjes sykehjem. Den 6. november oppstod brann ved en bokreol i salongen i 2. etasje. Brannen spredte seg raskt opp langs veggen. 2 pleiere var på vakt (70).

Pleierne hørte brannalarmen, men visste ikke hvor den var utløst. En av dem gikk opp i 2. etasje og tok med seg en pasient som stod i røyken ned i 1. etasje. Ingen av pleierne gikk opp i 2. etasje etter dette, men begynte i stedet å evakuere pasienter i 1. etasje. Brannvesenet ankom etter direktevarsling fra brannalarmanlegget, og de startet brannslukking og evakuering av 2. etasje. Totalt omkom 5 pasienter. 2. etasje ble delvis utbrent (70).

Avvik/faktorer som påvirket brannforløpet (70):

- Kun 2 pleiere var på vakt. Ingen av disse hadde gjennomført brannvernøvelse eller fått branninstruks. Det tok derfor forholdsvis lang tid før 2. etasje ble evakuert. Brannrommet ble ikke oppsøkt, og ingen slukkeinnsats ble iverksatt.
- Bygget hadde automatisk brannalarm med direktevarsling til brannvesenet.

4.2.1.3 Presseklipp

Frogner Sykehjem, 14. desember 2008

Frogner Sykehjem er sykehjem for demente beboere. Den 14. desember 2008 satt en 75 år gammel kvinne alene og spiste frokost. Et levende lys veltet og antente klærne hennes. Kvinnen pådro seg 3. Grads forbrenning over store deler av kroppen og døde senere på sykehus. Sykehjemets ansatte prøvde å slukke flammene, og flyttet deretter kvinnen under en dusj i et badrom (73).

Sørlandet Sykehus, 26. juni 2008

Den 26. juni 2008 oppstod brann i et heismaksinrom i fjerde etasje ved Sørlandet Sykehus. Dette er etasjen hvor fødeavdelingen er plassert. Brannen førte til sterk røykutvikling, og fødeavdelingen ble evakuert umiddelbart. En time etter brannstart var brannen sløkket av brannvesenet (74).

Sykehuset Buskerud, 20. november 2006

Den 20. november 2006 begynte det å brenne i en vaskemaskin ved Sykehuset Buskerud. Vaskemaskinen stod i et isolat i niende etasje, og ga røykutvikling. 14 pasienter ble evakuert til en annen avdeling, og ingen ble skadet. Brannen ble raskt sløkket (75).

Lauratunet sykehjem, 23. desember 2005

23. desember 2005 begynte det å brenne på Lauratunet sykehjem i Os. Brannen startet på rommet til en 93 år gammel kvinne, som senere omkom på sykehus. Årsak var trolig åpen ild. Hele avdelingen ble evakuert som følge av brannen, og 3 ansatte fikk røykskader (76).

Cathinka Guldbergs Sykehjem, 9. desember 1997

Det begynte å brenne i et leilighetsrom på Cathinka Guldbergs sykehjem i Oslo 9. desember 1997. Brannen forårsaket kraftig røykutvikling og røykspredning i hele etasjen. Brannårsaken er utkjent (77).

Brannvesenet ankom 5 minutter etter direktevarsling fra brannalarmanlegget, og fikk raskt kontroll over brannen. Totalt ble 47 beboere evakuert til en kafé i 1. etasje av bygget. Publikum og gjester bistod med evakueringen, enkelte beboere måtte bæres ut. De 15 sengeliggende pasientene var plassert i egen fløy, og trengte ikke evakueres.

En 80 år gammel kvinne omkom i brannen, mens 3 beboere ble sendt til sykehus med røykskader.

4.2.2 Oppsummering

I de nevnte branntilfeller, har brannene fått størst konsekvenser i antall omkomne der personalet ikke har gjennomført brannvernopplæring, eller kjenner branninstruks til bygget. Ved Alstadhaug og Gullhella Sykehjem omkom henholdsvis 14 og 5 personer. I begge disse branntilfellene hadde ikke personalet gjennomført brannvernopplæring, og de kjente ikke til branninstruks for bygget. Sløkkeinnsats ble ikke iverksatt og åpne dører resulterte i rask røykspredning. Rasjonell og rask innsats fra personalet er avhengig av gjennomført brannvernopplæring og brannøvelser, og at branninstruks i bygget er kjent for alle (70). Brannen ved Lillehammer Sykehus er et eksempel på hvordan et handlekraftig personale kan evakuere pasienter, samt hindre brann- og røykspredning inntil brannvesenet ankommer.

Flere av disse branntilfellene har skjedd på kveld og natt, hvor bemanningen i institusjonene har vært lav (71). Ofte har mellom 2 og 3 pleiere nattevakt på sykehjem med ca. 20 beboere. Dette begrenser sterkt mulighetene for effektiv sløkkeinnsats og evakuering av sengeliggende- og øvrige beboere.

Sykehus er større enheter, og har derfor flere ansatte på jobb hele døgnet på ulike avdelinger. Dette setter sykehusene i stand til å evakuere pasienter horisontalt mellom ulike avdelinger, og organisere assistanse fra ansatte utenfor den avdelingen som blir utsatt brann.

Automatisk og adresserbart brannalarmanlegg med direktevarsling til brannvesenet gir rask varsling og deteksjon av brannen, samt rask innsats fra brannvesen. I branntilfellet ved Alstadhaug Sykehjem gjorde fravær av brannalarmanlegg at det tok lang tid før brannen ble oppdaget. Sykehus og pleieinstitusjoner er ofte større bygg. Adresserbare brannalarmanlegg kan derfor betydelig redusere tiden til brannrommet blir oppdaget, da det ved alarm blir oppgitt hvilken brannmelder som har blitt utløst. Uten adresserbart brannanlegg må personalet søke gjennom hele bygget til de finner brannen, og kan ta dyrebar tid. I dag er det krav om adresserbart brannalarmanlegg i alle sykehus og pleieinstitusjoner (27).

I de fleste nevnte sykehjem var det ikke montert automatisk sprinkleranlegg. DSBs granskningsrapport etter brannen i Sveio Omsorgssenter (71), konkluderer med at sprinkleranlegg er det eneste tiltaket kunne forebygget og sløkket brannen, uten innsats fra personalet. Brannene har i flere av de nevnte tilfellene oppstått på pasientrom grunnet bar ild. Pasientene er da alene bak lukket dør, uten konstant overvåkning fra personalet. Med montert automatisk sprinkleranlegg kunne trolig flere av disse brannforløpene med påfølgende skadeomfang vært unngått.

4.3 Branntekniske problemstillinger i sykehus

Sykehus prosjekteres etter risikoklasse 6 i henhold til TEK. Slike bygg er ofte utformet som større enheter, og har stor personbelastning i form av pasienter, ansatte og besøkende. Mange

pasienter er helt avhengig av assistanse ved brann. Spesielt gjelder dette pasienter som er sengeleggende og tilkoblet livsoppholdende medisinsk utstyr. Ved brann og evakuering er det derfor kritisk at branntekniske tiltak samt brannvernrutiner fungerer optimalt. En rekke branntekniske problemstillinger gjør seg gjeldende i sykehus. Utfallet av branntilløp i forhold til sikkerheten til pasientene er avhengig av en serie hendelser, hvor sikkerhetstiltak enten fungerer eller feiler.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB) angir flere kritiske faktorer ved brann og evakuering i sykehus (10):

- *Mangler ved rømningsveier.*
- *Manglende vertikal seksjonering i bygg med mer enn en etasje.*
- *Svake byggetekniske og branntekniske løsninger.*
- *Innsatstid for brannvesen som overskrider 10 minutt.*
- *Korridorpasienter hindrer effektiv rømning, og utgjør en fare for gjeldende pasienter.*
- *Ansattes kompetanse i brannsituasjon.*

I rapporten ”*Brannsikkerhetsnivået i sykehjem og pleieinstitusjoner for eldre(2009)*” av SINTEF NBL (78) gis en oversikt over brannfaglige problemer i sykehjem og pleieinstitusjoner. Forholdene ble avdekket gjennom samtaler med ressurspersoner i brannvesen og sykehus, samt deltagelse i tilsyn ved sykehjem. Mange av de nevnte problemstillingene er også gjeldende i sykehus, som presenteres i det følgende.

4.3.1 Brannlast

Sykehus har stor brannlast i form av materialer og gjenstander som bidrar til utvikling og spredning av brann og røyk. Lettantennelige materialer som tekstiler og stoppede møbler kan bidra til raske og u håndterlige brannforløp. Brann i rom lagerrom for lintøy og lignende har potensial for overtenning, som var tilfelle i brannen i Sveio Omsorgssenter(avsnitt 4.2.1.1).

Madrasser og stoppede møbler

Sykehus inneholder relativt store mengder madrasser og stoppete møbler. *Forskrift om antennelighet av madrasser og stoppede møbler* av 1999 (79) stiller krav til slike typer inventar:

”Madrasser og stoppede møbler skal motstå antennelse av ulmende sigarett i overensstemmelse med spesifikke kriterier gitt i anerkjente normer.”

- *Med stopp menes dun/fjær, fiber, skum, gummi, tekstil, hamp/jute og lignende.*
- *Med madrass menes et stoppet produkt beregnet til å sove på. Overmadrasser og stoppede sengebunner defineres som madrasser.*
- *Med stoppede møbler menes sittemøbler og kombinerte sitte- og liggemøbler som er stoppet. I tillegg menes også stoppede deler beregnet til å sette sammen til et møbel.”*

Madrasser og stoppede møbler er vanlig inventar i sykehus. I rapporten "*Hvor brannsikre er stoppede møbler og madrasser*" utarbeidet av SINTEF NBL (80) påpekes det at Byggeforskriften ikke stiller branntekniske krav til løs innredning, og heller ingen krav til fastmonterte stoppede møbler. Det understrekes et behov for strengere krav til slikt inventar, og at kravene bør differensieres i forhold til bruksområde og brannrisikoen. Strengere krav vil kunne redusere brannrisikoen i bygninger der møbler og madrasser utgjør en vesentlig del av brannenergien. Dette er spesielt gjeldende for helseinstitusjoner, hvor madrasser finnes i alle pasientsenger. Stoppede møbler plasseres i pasientrom, korridorer og andre fellesarealer. I små rom kan antennelse i slike gjenstander resultere i en rask og uhåndterlig brannutvikling.

De fleste madrasser og stoppede møbler i Norge tilfredsstiller forskriftskravet for antenlighet utsatt for glødende sigarett (80). Skulle disse typene inventar likevel begynne å brenne, vil de bidra til et hurtig brannforløp med stor og rask røykproduksjon.

Et større europeisk forskningsprosjekt om brannbarhet i madrasser og stoppede møbler, med arbeidstittel CBUF- *Combustion Behaviour of Upholstered Furniture* ble gjennomført i 1993. 27 stoppede møbler og madrasser ble testet med ulike tennkilder i henhold til EN 1021-1, og varmeavgivelsesrate (W) og røykproduksjon ble målt. Største målte varmeavgivelse var på om lag 2 MW, mens de beste produktene avga 30kW. Til sammenligning vil varmeavgivelse på 1 MW føre til overtenning i et lite rom (80). De fleste produktene i testen avga store mengder svart røyk tidlig i brannforløpet.

Stoppede møbler og madrasser utgjør en stor brannbelastning i sykehus. Slikt inventar med stor varmeavgivelse vil bidra vesentlig til brann- og røykspredning. Dette vil samtidig redusere tilgjengelig rømningstid for personer i bygget, en faktor som er spesielt viktig i bygg med pasienter som har behov for assistanse ved rømning.

Tekstiler

Sykehus inneholder mange typer brennbare tekstiler i form av bekledning, sengetøy og pledd. Slikt inventar vil trolig gi vesentlige bidrag til brann- og røykutvikling i sykehus. *Forskrift om forbud mot svært brennbare tekstiler* (1984) (81) stiller generelle krav til brenntid til bekledning, tepper og pledd. Kravene er satt til 7 sekunder brenntid for bekledningsprodukter, og 5 sekunder for tepper og pledd. For sengetøy, gardiner og lignende finnes det ikke forskriftskrav for brannegenskaper. Det er derfor opp til hvert enkelt sykehus å bestemme hvilke brannegenskaper som aksepteres for slike gjenstander (78).

Gass og trykkpåkjent utstyr

Sykehus inneholder medisinsk gass og trykkpåkjent utstyr som kan bidra til hurtige og intense brannforløp og eksplosjoner. De fleste avdelinger har komprimert medisinsk oksygen på flyttbare gassflasker, som utsatt for sterk varme kan utgjøre en eksplosjonsfare/revning. I tillegg føres oksygen i rørsystem i tak og vegger. Frigjort oksygen vil virke sterkt oksiderende ved brann, og vil bidra til hurtige og eksplosive brannforløp. Oksygen kan også føre til brann/selvantennelse og eksplosjon i kontakt med organisk stoff (olje, fett, trevirke osv.) (82).

Lystgass er også vanlig i sykehus, og oppbevares under trykk i gassflasker. Lystgass er ikke brennbart, men virker oksiderende og underholder brann. Gassen kan også reagere i kontakt med organisk materiale (83) på samme måte som oksygen.

4.3.2 Potensielle brannkilder

Brannstatistikken for helse- og sosialtjenesten viser at de to vanligste brannårsakene er elektriske årsaker og bar ild(avsnitt 3.2.4.2).

Bar ild

Bar ild forekommer i sykehus først og fremst i form av levende lys. Spesielt i kombinasjon med dekorasjoner og lignende, utgjør dette en potensiell brannkilde. Det er også fare for at lys velter og kommer i kontakt med brennbart materiale som gardiner og sengetøy. Det finnes ikke noe forskriftsmessig forbud mot bruk av stearinlys i sykehus, bare generelle påbud om aktsomhet i brannlovgivningen. Sykehusene har som regel egne retningslinjer for bruk av levende lys, og det eksisterer trolig ulik praksis fra avdeling til avdeling. Enkelte sykehus har imidlertid totalforbud mot bruk av levende lys.

Røyking

Røyking har vært årsak til flere dødsbranner i pleieinstitusjoner, og utgjør 9 % av brannene i slike bygg i perioden 2005-2008 (78). Pasienter som røyker utgjør et generelt problem, og krever påpasselig tilsyn. Det er derfor viktig med strenge retningslinjer for røyking blant pasienter og ansatte (78):

- Røyking er kun tillatt innenfor egne områder, røykerom eller utendørs.
- Røyking er forbudt i pasientrom.
- Røyking er kun tillatt med personell tilstede.

Elektrisk utstyr

Det forekommer mange typer elektrisk utstyr i sykehus som kan utgjøre potensielle brannkilder. Personalrom og kjøkkenavdelinger har kaffetraktere, kokeplater, komfyrer mikrobølgeovner og lignende. I tillegg har mange avdelinger mye elektronisk medisinsk utstyr. Elektrisk årsak utgjorde 28 % av brannårsakene i undersøkt brannstatistikk for sykehus(kap. 3).

Feil bruk av elektrisk utstyr er også en vanlig brannårsak i helseinstitusjoner. Tildekking av varmeovner, kokeplater og lignende kan raskt føre til brann og røykproduksjon. Spesielt farlig er det hvis slikt skulle inntreffe i et pasientrom uten pleiere tilstede.

Maskiner med kombinasjonen høy effekt og fukt har vanligvis høyere brannhyppighet enn maskiner uten. Slike maskiner i sykehus kan være vaskemaskiner, oppvaskmaskiner og bekkenvaskere m.fl.

4.3.3 Evakuering

Evakuering ved brann er en stor utfordring i sykehus. Utvikling av raske brannforløp krever hurtig og målrettet innsats fra personalet for å få alle pasienter i sikkerhet, samt kompetanse til å iverksette tiltak for å begrense/hindre brann- og røykspredning.

Rømningsveier

Frie rømningsveier er kritisk for å sikre effektiv rømning ved brann i sykehus. I daglig drift i sykehusavdelinger kan en rekke hinder bli plassert i rømningsveier tilknyttet korridorer og fellesarealer:

- Brennbare materialer som møbler, automater, traller, lintøyskap og lignende. Disse gjenstandene kan hindre effektiv passasje og evakuering, samt bidra til hurtige brannforløp i rømningsvei.
- Korridorpasienter hindrer effektiv rømning. I kombinasjon med oppbevaring av diverse løs innredning i korridor, gjør dette at mange sykehuskorridorer har ikke nok bredde til at to pasientsenger kan passere hverandre.
- Sykehus er ofte utformet som etasjebygg. Ved brann kan verken pasient- eller personalheis benyttes, og gjør vertikal evakuering av pasienter svært problematisk og tidskrevende.
- Lav himlingshøyde øker faren for overtenning i korridor og pasientrom. Nedføringer av himlinger på grunn av gjentatte ombygginger kan være utslagsgivende for rask røykfylling i rømningsvei.

Pasienter

Felles for mange pasienter i sykehus er at de ikke er i stand til å evakuere uten assistanse fra helsepersonell. Mange vil heller ikke være i stand til å reagere riktig i forhold til å forebygge og slokke brann. Dette skyldes flere faktorer:

- Sengeliggende pasienter, enkelte er også avhengig av livsoppholdende medisinsk utstyr.
- Mange har høy alder og ellers svekket allmenntilstand og orienteringsevne.
- Mange er avhengig av rullestol eller krykker.
- Psykisk syke og demente pasienter/beboere som ikke kan forventes å gjøre riktige valg i tilfelle brann.

Korridorpasienter

Korridorpasienter et stort brannsikkerhetsproblem som påpekes av både brann- og helsemyndigheter (avsnitt 1.1.2.1). Dette skyldes flere årsaker, fritt etter DSB (10):

- *"Antall pasienter som må evakueres i tidlig fase øker fordi korridoren blir røykfylt ved slokke- og redningsinnsats på et pasientrom som er i brann. Dette innebærer også økt risiko for korridorpatientene selv som også må evakueres i fase 1.*
- *Senger i rømningsveien øker faren for brann.*
- *Senger i rømningsveien er et hinder for evakuering av andre pasienter.*
- *Senger i korridoren vil gi plassproblemer ved evakuering av pasienter fra andre områder. Det forutsettes at pasienter som evakueres skal ha midlertidig opphold i andre korridorer."*

4.3.4 Brann- og røykspredning

Mangelfull røykkontroll og brannseksjonering i sykehus kan gi rask spredning av brann og røykgasser. Flere faktorer kan være avgjørende:

- Utettheter i gjennomføringer som følge av gjentatte ombygginger og renoveringer, kan føre til unødig brann- og røykspredning mellom brannceller og brannseksjoner.
- Åpne dører til og fra rømningsvei kan føre til kritisk brann- og røykspredning innenfor- og mellom avdelinger. Dører i korridor og til pasientrom låses i åpen stilling med tau og kiler fordi det er praktisk i daglig drift på avdelingen (78).
- Dører i rømningsvei og til pasientrom som ikke er røyktette kan gi unødig røykspredning (78).
- Låste dører i rømningsveier kan forekomme for å hindre at demente/forvirrede går ut pasienter (78).
- Usprinklede sykehusbygg kan være utsatt for rask brann- og røykspredning.
- Mangelfull røykventilasjon i trapperom, og liten tilgang til vindu/luker for røykutlufting kan redusere sikt og evakueringsmuligheter, samt øke faren for overtenning.

4.3.5 Redningsmannskaper

Sykehus utgjør ofte store og uoversiktlige etasjebygg med stor personbelastning i form av pasienter, ansatte og besøkende. utfordringer for redningsmannskaper kan være:

- Fare for strukturell kollaps av bygningsdeler og inventar.
- I øvre etasjer kan tilstrekkelig vannforsyning og trykk på sløkkevann være problematisk. Slangeutlegg og røykdykkerinnsats blir krevende i kombinasjon med vertikal forflytning.
- Komplekse bygg gir utfordringer med kommunikasjon, samt lokalisering av brann.
- Høy personbelastning og omfattende behov for assistert evakuering av pasienter.
- Potensial for stor nødvendig inntrengningsdybde for røykdykkerinnsats, og dermed lang retrettvei (84):
- Tilgjengelighet for sløkkeinnsats og høydemateriell.

4.3.6 Organisatorisk brannvern

Alle ansatte i sykehus er pålagt å gjennomføre jevnlig brannøvelser samt brannvernopplæring i henhold til FOBTOT. Da sykehus har mange ansatte og samtidig ansetter midlertidige ferievikarer i stor grad, kan utfordringer i det organisatoriske brannvernet være (50):

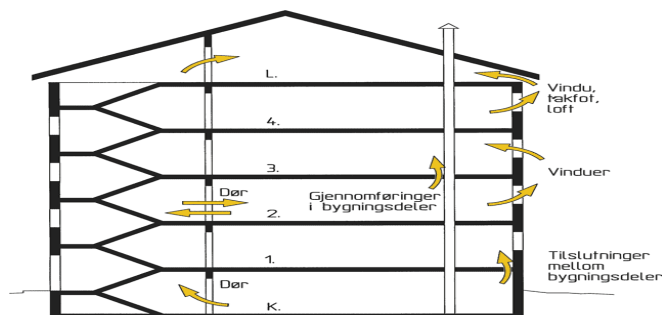
- Organisering av brannvernarbeidet.

- Opplæring, øvelser og informasjon.
- Kontroll- og vedlikeholdsrutiner
- Dokumentasjon på at alle ansatte har gjennomført nødvendig brannvernopplæring og øvelser (78).
- Brannvernlederrollen kan bli ivaretatt på forskjellige måter, da det ikke stiller krav til minimumsnivå av opplæring i brannvernlovgivning og branntekniske forhold (78).

Tabell 10 Branntekniske problemstillinger i sykehus

Område	Problemstilling
Brann/røykspredning	Spredning mellom avdelinger, og mellom pasientrom/korridor. Tilstrekkelig vertikal og horisontal brannseksjonering og røykkontroll. Høy brannbelastning i form av møbler, sengetøy og løs innredning i pasientrom og korridorer. Mangelfull sprinkling.
Bæreevne	Strukturell kollaps av bygningsdeler.
Evakuering	Behov for assistert evakuering av pasienter. Løs innredning og korridorpasienter hindrer effektiv evakuering i kritisk tidlig fase.
Redningsmannskaper	Utfordrende for tilgjengelighet, kommunikasjon og lokalisering. Høye bygninger gir utfordringer ved forflytning og evakuering vertikalt, samt tilstrekkelig vannforsyning til slokkeinnsats.
Tilrettelegging for slokking av brann	Rask deteksjon, varsling og lokalisering av brann. Tilgang til slokkemidler og automatiske slokkeanlegg. Tilgjengelighet for slokkeinnsats og høydemateriell.
Ansattes opplæring/kompetanse	Generell kunnskap om brannvern hos alle ansatte. Øvelse i bruk av slokkemateriell og evakuering av pasienter. Uklarheter om ivaretagelse av brannvernlederrollen.

Figur 27 er hentet fra SINTEF Byggforsk blad 720.302: *Offentlige bestemmelser for brannsikring av eksisterende bygninger* (85) og viser vanlige branntekniske svakheter i bygninger:



Figur 27 Branntekniske svakheter i bygg (85)

4.4 Brannsikkerhetstiltak i sykehus

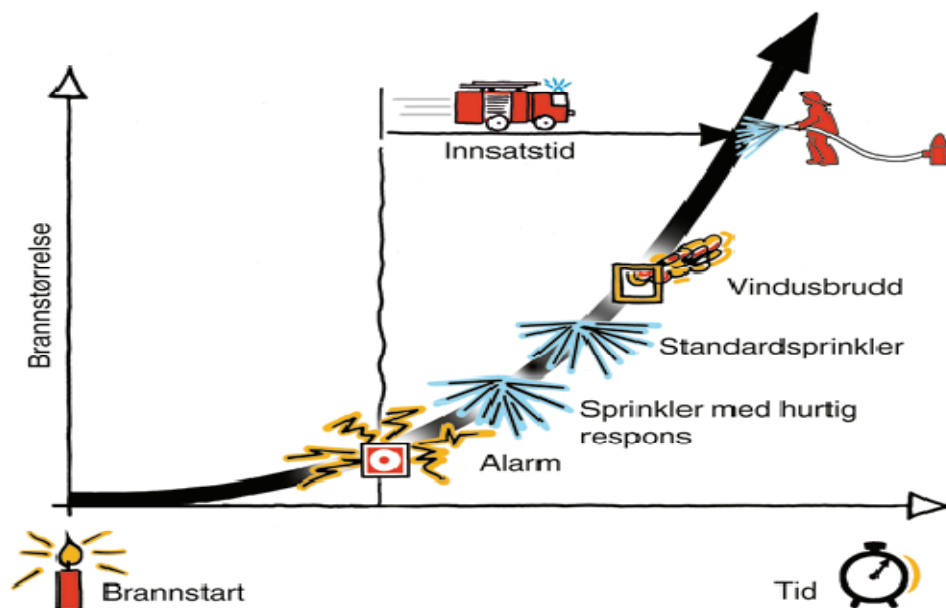
Brannsikkerhetstiltak må iverksettes for å sikre tilstrekkelig brannsikkerhet. I dette kapittelet presenteres aktuelle tiltak i sykehus. DSB beskriver total sikkerhet for personer som har behov for assistert evakuering som avhengig av 3 tiltak (86):

1. "Bygningstekniske tiltak
2. Organisatoriske tiltak
3. Brannvesenets mulighet til å yte bistand ved brann."

For hvert brannteknisk problem finnes det som regel flere kompatible løsninger. I dag finnes det ikke noen bestemt veiledning for hvordan egenskapene til ulike branntekniske tiltak skal dokumenteres og vurderes (87). SINTEF NBL angir imidlertid viktige forhold som bør legges til grunn for vurdering av branntekniske tiltak for å bedømme ytelse ved brann (87):

- Tiltakenes effekt: eliminasjon/begrensning av faremomenter.
- Tiltakenes omfang: varighet, rekkevidde, robusthet.
- Årsaker til- og konsekvenser ved svikt.

Svikt i ett av brannsikkerhetstiltakene bør ikke føre til katastrofe. Får å unngå dette er det nødvendig å installere *redundante* sikkerhetstiltak som sørger for overlappende brannsikkerhet. Dette kjennetegnes av at flere enn ett enkelt sikkerhetstiltak må svikte for at alvorlig ulykke skal inntreffe (87).



Figur 28 Brannutvikling i bygning (88)

4.4.1 Aktive brannsikkerhets tiltak

Aktive brannsikkerhetstiltak er tiltak som krever aktivisering gjennom automatiske systemer eller styrende elementer for å fungere ved brann.

Sprinkleranlegg

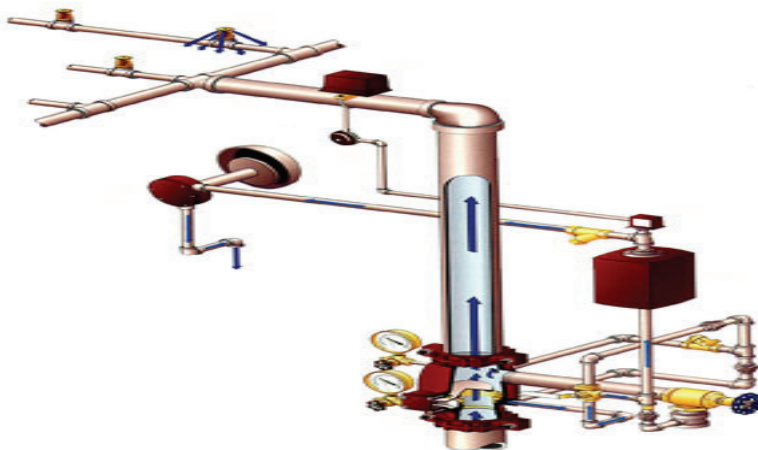
Sprinkleranlegg er et stasjonært automatisk brannsløkkingsanlegg i rør med vann som slokkemiddel (89). Anlegget brukes for å slokke eller kontrollere brann, samt forhindre brannsmitte til nye bygningsdeler. Enkelte sprinkleranlegg har også varslingsfunksjon (87).

Det finnes flere typer sprinkleranlegg tilpasset ulike bygningsmessige forutsetninger og virksomheter (89):

- *Våtanlegg*:
System permanent fylt med vann.

- *Tørranlegg:*
System der rørnettlet er fylt med luft under trykk etter alarmventil².
- *Forutløsningsanlegg:*
Tørranlegg der alarmventilen styres av automatisk branndeteksjonssystem og utløste sprinklerhoder.
- *Delugeanlegg:*
System med åpne sprinklerhoder styrt av automatisk eller manuell utløsningsventil.

Våtanlegg er den vanligste typen sprinkleranlegg. I dette systemet er sprinklerlørene permanent fylt med vann under trykk, og løses ut ved termisk påvirkning av sprinklerdyser montert i taknivå (89). Ved brann vil varm røyk stige til taket og påvirke sprinklerhodet i form av en væskefylt glassbulb. Når væsken varmes opp til en gitt temperatur vil glassbulben sprenges og vann spres utover et område via sprinklerhodet. Utløsertemperaturer kan variere mellom 57 °C og 260 °C (90). Figur 29 viser en prinsippskisse av til våtsprinkleranlegg (91):



Figur 29 Prinsippskisse våtsprinkleranlegg (91)

Statens Byggetekniske Etat og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har utarbeidet en temaveiledning for sprinkleranlegg; *Melding HO-1/99; Sprinkler Temaveiledning* (91). Veiledning tar for seg hvordan sprinkleranlegg prosjekteres og installeres, samt hvilke offentlige forskriftskrav som gjelder for slike anlegg. Krav om sprinkleranlegg i bygninger er avhengig av bygningen brannbelastning, størrelse på useksjonert areal og brannventilasjon. Sprinkleranlegg dimensjoneres og installeres etter (90):

- *NS EN 12845, Faste brannslukkesystemer - Automatiske sprinklersystemer - Dimensjonering og installering* (NS EN 12845)
- *FG - CEA 4001:1995-09 Sprinklersystemer - Planlegging og installasjon* (FG/CEA)
- Tekniske retningslinjer for dimensjonering, prosjektering og installering av sprinkleranlegg i bygning for boligformål opp til 4 etasjer.

VTEK (2007) stiller i § 7-27 krav om installert automatisk slokkeanlegg i følgende tilfeller (27):

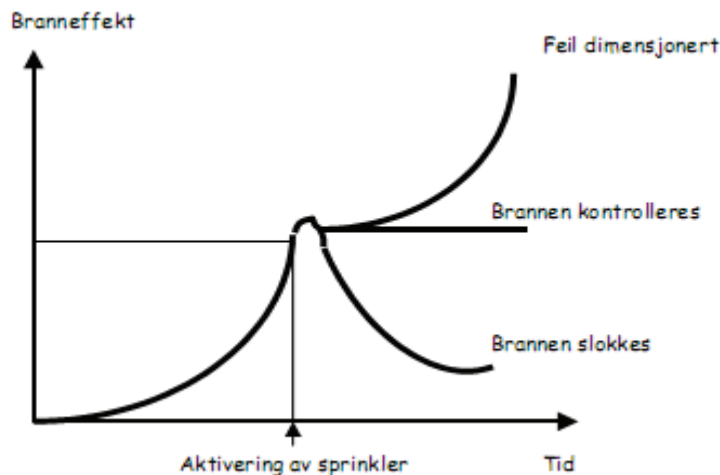
² Alarmventil: Tilbakeslagsventil som starter vannturbinmotoren for alarmklokken når en sprinkler utløses (91).

- ”Brannceller med åpen forbindelse over flere plan i bygning beregnet for virksomhet i risikoklasse 1, 2, 4 og 5, når samlet bruttoarealer større enn 800 m² for de plan som har åpen forbindelse, må ha installert slokkeanlegg (§ 7-24 pkt 3a)”
- ”Areal som har åpen forbindelse inn mot overbygd gård, må ha installert slokkeanlegg. Unntak er små arealer som resepsjoner, altanganger etc. der brannenergien er liten.”
- ”I bygninger med personer som ikke kan bringe seg selv i sikkerhet, for eksempel personer med nedsatt funksjonsevne eller personer med pleie- og omsorgsbehov, må det iverksettes særskilte tiltak for å ivareta sikkerhet ved rømning. Automatisk slokkeanlegg vil være nødvendig dersom rømningssikkerheten ikke fortutsettes å bli ivaretatt fullt ut på annen måte.”

VTEK(2007) stiller dermed ikke absoluttkrav om installering av automatisk slokkeanlegg i sykehus, men anbefaler bruk av som særskilt sikkerhetstiltak.

Effekt

Utløst vann fra sprinkleranlegg kjøler og fukter overflater, flammer og røyksjikt, og hindrer dermed brannvekst og overtenning i brannrommet. Disse egenskapene vil dermed øke tilgjengelig tid til evakuering, som er svært kritisk i sykehus der det er stort behov for assistert evakuering av pasienter. Sprinkleranlegg kan også ha varslingsfunksjon ved brann. De fleste sprinkleranlegg dimensjoneres for å kontrollere-, og ikke slokke brannen. Figur 30 er hentet fra SINTEF rapporten *Effekt av sprinkler i flerbrukshaller og sykehjem, 2002* viser effekt av sprinkler på brann (90):



Figur 30 Effekt av sprinkler (90)

Sprinkleranlegg er et effektivt tiltak for å hindre brannspredning og katastrofebranner, og er samtidig et godt tiltak for å forhindre at mange personer omkommer i samme brann. I Norge har det ikke vært dødsfall i sprinklede bygninger (92), og statistikk fra Australia og New Zealand viser at ca. 80 % av inntrufne branner kontrolleres eller slokkes brannen av 1-2 sprinklerhoder (92). Statistikk over dødsfall pga. brann i helse og omsorgssektoren i USA(1987-1996), viser at gjennomsnittlig antall dødsfall per år per 1000 branner var på 1,5 og 5,6 for henholdsvis sprinklede og usprinklede bygg (92).

Faremomenter

Forhold som kan medføre at sprinkleranlegg ikke innehar tiltenkte egenskaper:

- For at sprinkleranlegget skal løse ut, må det utsettes for en gitt temperatur. Ved glødebrann og ulmebrann med lav temperatur vil ikke alltid sprinklerhodene utløses før det utvikles kritiske forhold. Sprinkleranlegg vil derfor ikke nødvendigvis redde sovende personer i startbrannrommet (92).
- Forhold kan gjøre at vann fra sprinkler ikke treffer brannkilden. Eksempelvis brann i garderobeskap/lintøyskap i sykehus. Slike branner kan utvikle seg raskt, og føre til stor brannskade også før sprinkler løser ut (87).
- Brannbelastning kan være større enn sprinkleranlegget er dimensjonert for.
- Sprinkleranlegg vil kjøle ned brann/røykgasser. Røyken vil da synke ned mot golvet og gi dårlig sikt under evakuering. Mekanisk røykventilasjon kan samtidig føre til at sprinklerhodene ikke blir utsatt for utløsertemperatur (89).
- Konsekvenser ved svikt av sprinkleranlegget kan være overtrenning i startbrannrom og påfølgende storbrann- og røykspredning i bygget.

Automatisk brannalarmanlegg

Automatisk brannalarmanlegg installeres for å varsle mennesker i bygget om brann, og på den måten gi nødvendig tid og anledning til å evakuere, hindre brann/røykspredning og varsle brannvesen. Brannalarmanlegg kan tillegges tre hovedfunksjoner (87):

1. Registrere: røyk, gass og flamme.
2. Alarmere: automatisk alarmering av bygget og eventuelt brannvesen/helsepersonell.
3. Iverksette tiltak: tilleggsfunksjoner som automatiske dørlukkere, trykksetting av trapperom, røykventilasjon.

Automatiske brannalarmanlegg består av følgende elementer (93):

- *Brannalarmsentral:*
Viser tilstand til anlegget, tar imot signaler fra branndetektorer og manuelle brannmeldere, og viser hvilke som er utløst(adresserbart). Overfører alarm til brannvesenet. Kan settes i system med kommandosentral for brannvesenet, med funksjoner for styring av talevarsling, brannheis, kommunikasjon, sprinkleranlegg.
- *Branndetektorer:*
Overvåker områder for brann. Det finnes to hovedtyper detektorer, optiske(ORD) og ioniserende(IRD). Optiske detektorer er mest følsom for ulmebrann, mens ioniserende detektorer er mest følsom for flammebrann.
- *Manuelle meldere:*
Utløses manuelt for å varsle brann. Plasseres lett synlig, vanligvis ved rømningsutganger.

- *Varmedetektorer:*
Detektorer som utløses ved termisk påkjenning. Brukes i områder der røyk kan forekomme(kjøkken/garasje) for å unngå unødige alarmer.
- *Tilkoblinger:*
Automatisk aktivisering av røykventilasjon, trykksetting av trapperom, talevarsling, heiser, slokkeanlegg, branndører.

Statens bygningstekniske etat og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har utarbeidet en temaveiledning for brannalarmanlegg; *Melding HO-1/98; Brannalarmanlegg Temaveiledning* (91). Veiledningen tar for seg hvordan brannalarmanlegg prosjekteres og installeres, samt hvilke offentlige forskriftskrav som gjelder for slike anlegg.

VTEK § 7-27 krever at strengeste kategori 2- brannalarmanlegg skal installeres i bygninger i risikoklasse 6 for å gi tidlig varsling tilstrekkelig tid til evakuering ved brann. Kategori 2 innebærer deteksjon i alle rom. I bygninger med mer enn 50 senger kreves det at anlegget også er adresserbart.

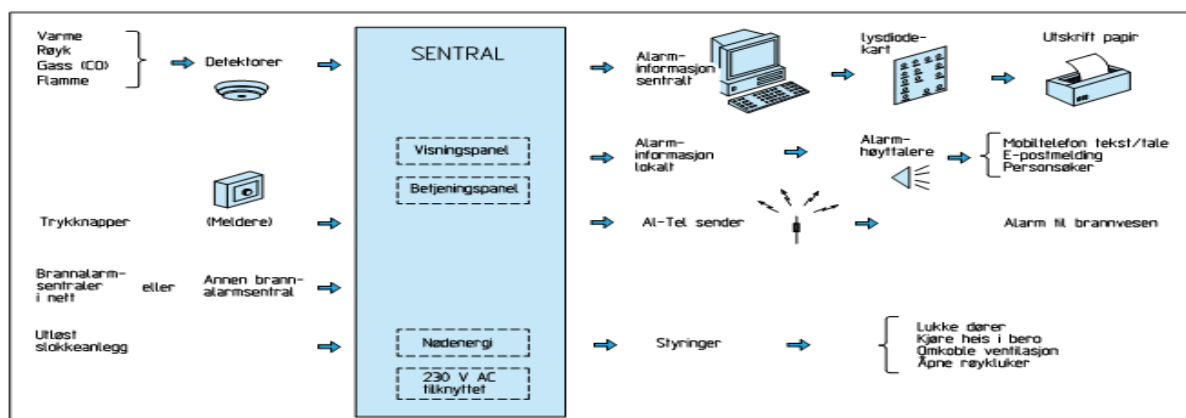
Effekt

En SINTEF- undersøkelse av brannstatistikk fra DSB viser at brannalarmanlegg er det tekniske brannsikkerhetstiltaket i særskilte brannobjekter som oftest blir oppgitt å ha bidratt til å hindre skade på personer og verdier ved brann (92). Dette underbygges av en japansk undersøkelse av 6700 branner som viser at sannsynligheten for at en liten brann skal utvikle seg og totalskade en bygning, er 3 ganger større dersom brannalarmanlegg ikke er installert (87).

Hvilken informasjon alarmanlegget gir er viktig for utfallet av evakuering og slokkeinnsats. Tabellerte igjenkjenningstider for ansatte i sykehus (britisk standard *BSI DD 240,1997*) reduseres med 5 minutt dersom brannalarmanlegget har beskrivende talealarm som beskriver hvilke handlinger som bør iverksettes ved brannalarm. Beslutningstid og reaksjonstid antas også å være kortere for brannalarmanlegg med talealarm (87).

Faremomenter

Brannalarmanlegg er utsatt for unødige/falske alarmer. Hyppige unødige alarmer kan medføre at personer i bygget til slutt ikke reagerer raskt nok ved utløst alarm. Undersøkelser viser at forholdet mellom unødige og reelle alarmer kan variere mellom 30:1 og 11:1 (87). Feil på anlegget kan føre til at alarmen og tilkoblede sikkerhetstiltak ikke utløses, og brannen kan da spres uhindret og udetektert.



Figur 31 Prinsippskisse brannalarmanlegg (94)

Tilrettelegging for rednings- og sløkkemannskap

For å sikre effektiv rednings- og sløkkeinnsats i sykehus, er det viktig med godt tilrettelagte forhold i og rundt bygget. Alle slike tiltak bør avklares i samråd med brannvesenet.

VTEK nevner i § 7-28 krav til en rekke forhold (27):

- *Tilgjengelighet fram til bygningen:*
Kjørbar adkomst og oppstillingsplass for brannvesenets biler og høydemateriell. Veier fram til bygningen bør ha minste kjørebredde på 3,5 meter, samt tåle akseltrykk på 100kN. Tilgjengelighet for høydemateriell. Avstand fra innsatskjøretøy og utstyr til innsatssted bør ikke overstige 50 meter (95).
- *Tilgjengelighet i bygningen:*
Tilgjengelighet for sløkkeinnsats i loft, oppforede tak, hulrom, sjakter, kjeller i form av luker o.l. Universalnøkkel til dører. Oversiktlige plan- og romløsninger.
- *Vannforsyning:*
Tilstrekkelig vannforsyning for sløkkeinnsats innendørs (stigeledning) fra sikker vannkilde. Vannforsyning utendørs i form av tilstrekkelig antall brannkummer/hydranter. Behovet for sløkkevann anslås til 2500-3500 liter/minutt for sykehus med innsatstid for brannvesenet innenfor 10 minutt (95).
- *Installasjoner:*
Brann tekniske installasjoner som adresserbart brannalarmanlegg, ledelys, røykventilasjon og overtrykksvifter, kommandosentral for styring av heiser og røykventilasjon. Innsatsplaner og plantegninger.
- *Sikring av bygningsdeler:*
Sikring av bygningsdeler som balkonger, vinduer fasadeplater mot nedfall forbedrer sikkerheten til redningsmannskaper. Forankring av bæresystem.
- *Planløsning:*
Oversiktlig plan- og romløsning i sykehus vil forenkle røykdykkerinnsats i bygget, da redusert risiko for menneskene gjør at de kan trenge dypere inn bygningsmassen. Rekkevidden på røykdykkerinnsats er i utgangspunktet 25 meter fra sikkert sted, som

defineres som det fri, dør i trapperom som leder inn i bygningen, eller annet røykdykkerlag (96).

Brannheis

Brannheis er nødvendig for rask rednings- og slukkeinnsats i høye bygninger som er utenfor rekkevidde for brannvesenets høydemateriell, da vanlige heiser ikke kan benyttes ved brann. Brannheisen kan kun benyttes av brannvesenet for å transportere utstyr til øvre etasjer, og ikke evakuering. I Norge og Europa finnes det ingen standarder eller forskrifter for evakueringsheiser som kan benyttes ved brann (97). Eneste unntak er en evakueringsheis beskrevet i britisk standard BS5588-8:1999.

VTEK § 7-28 krever brannheis i bygninger med mer enn 8 etasjer. Heissjakten må utformes som egen branncelle med minimum 60 minutt brannmotstand. Heisen må også være røykventilert, og ha dør mot brannsluse som utformes som egen branncelle i hver etasje. Strømforsyningen må beskyttes mot brann i minimum 60 minutt. For dimensjonering og prosjektering av brannheiser vises *til NS-EN 81-72 Brannheiser*.

Brannheis er aktuell for høye sykehusbygninger, og vil gi raskere innsatstid til utsatte avdelinger som for eksempel sengeavdelinger plassert i eldre høyblokker.

Stigeledning

Stigeledning er nødvendig for å sikre brannvesenet rask og tilstrekkelig vannforsyning for innendørs vannuttak i høyere etasjer. Montert stigeledning kobles til brannvesenets vannpumper på bakkeplan. På den måten unngås lange slangeutlegg inne i bygget, noe som sparer redningsmannskapene for tid og krefter. Stigeledningene kan være tørre dersom brannvesenet har tilstrekkelig pumpekapasitet, eller de kan være trykksatte våtanlegg.

VTEK § 7-28 krever stigeledning i bygninger på mer enn åtte etasjer. Fra innvendig vannuttak fra stigeledning må alle deler av en etasje nås med maksimalt 50 meter slangeutlegg.

Effekt

Tiltak for tilrettelegging for rednings- og slökkemannskap gir raskere innsatstid, og er samtidig en nødvendighet for å gjøre redningsarbeidet mulig samt vareta sikkerheten til redningsmannskapene. Rask innsats fra brannvesenet er spesielt viktig i sykehus, da bygningene ofte har kombinasjoner av uoversiktlige planløsninger, høy personbelastning og høy brannlast.

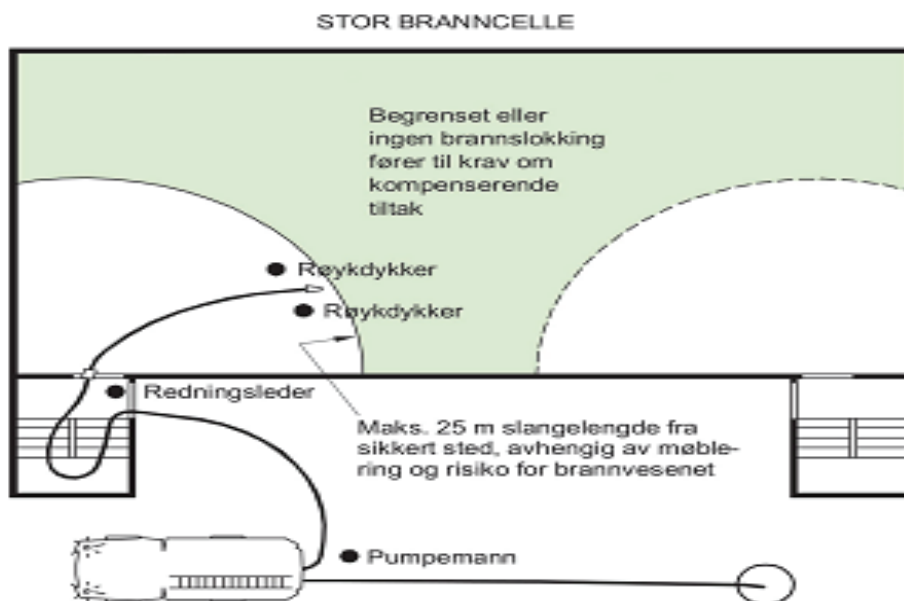
Faremomenter

Svikt i tiltak for rednings- og slökkemannskap kan føre til at innsatsen forsinkes, og i verste fall ikke lar seg gjennomføre:

- Utilstrekkelig vanntilførsel vil føre til at brannmannskaper må trekke seg tilbake, og gjør dem ute av stand til å gjennomføre røykdykker- og evakueringsinnsats. Ved lange slangeutlegg vil en stor andel av brannvesenets medbrakte vann gå med til å fylle slangene med påfølgende trykktap (95). Dette setter krav til rask, tilgjengelig, samt tilstrekkelig vannforsyning, spesielt ved førsteinnsatsen.
- Manglende tilgang til bygget kan hindre evakuering gjennom brannvesenets høydemateriell, samt betydelig forlenge innsatstid da nye angrepsveier må etableres.

Lange avstander mellom innsatspunkt og brannvesenets materiell og kjøretøyer kan gi unødvendig tidstap under redning (96).

- Uoversiktlig og dårlig merket planløsning kan vanskeliggjøre innvendig redningsinnsats og lokalisering av brann.
- Svikt i brannvesenets redningsmateriell kan forlenge eller umuliggjøre innsats.



Figur 32 Innsats fra brannvesen mot branncelle (96)

4.4.2 Passive brannsikkerhets tiltak

Passive brannsikkerhetstiltak innebærer brannseksjonering, bæreevne, materialvalg, planløsning og rømningsveier.

Bærende konstruksjoner

Bærende konstruksjoner og bygningsdeler i sykehus skal hindre kollaps og bevare sin integritet gjennom et fullstendig brannforløp. I sykehus kan rømningstiden bli lang. Det er derfor kritisk at bærende konstruksjoner motstår brannpåkjenningen i den tid som er nødvendig for evakuering og redning.

VTEK § 7-23 krever at bygningsdeler i sykehus dimensjoneres med tilstrekkelig brannmotstand til å motstå et fullstendig brannforløp.

Effekt

Bærende og stabiliserende integritet til bærende konstruksjoner ved brann gir personer i bygget tilgjengelig tid til rømning, og sikrer samtidig evakuerende og redningsmannskaper for farer forbundet med strukturell kollaps.

Faremomenter

Bygningsdeler uten tilstrekkelig brannmotstand kan føre til progressiv kollaps ved brann, og kan være potensial for katastrofebrann.

Materialer

Valg av bygnings- og overflatematerialer i sykehus kan ha stor betydning for utviklingen av brannforløp, og tilgjengelig tid til rømning. VTEK stiller krav til branntekniske klasser for bygningsmaterialer og overflatematerialer i sykehus, basert på ytelsesnivå for (98):

- Brennbarhet
- Overflateegenskaper
- Kledningers evne til å beskytte bakenforliggende materialer.
- Brannmotstand

Effekt

Bruk av forskriftsmessige- og klassifiserte bygnings- og overflatematerialer vil minske brannlasten i sykehus, samt forebygge rask brannutvikling og røykproduksjon.

Faremomenter

Lettantennelige materialer med høy brenneffekt(W) kan gi raske brannforløp, overtenning samt høy røykproduksjon i tidlig fase av brannen. Slike materialer kan også redusere integriteten til andre bygningsdeler i branncellebegrensende vegger og seksjoneringsvegger (87).

Ledesystemer

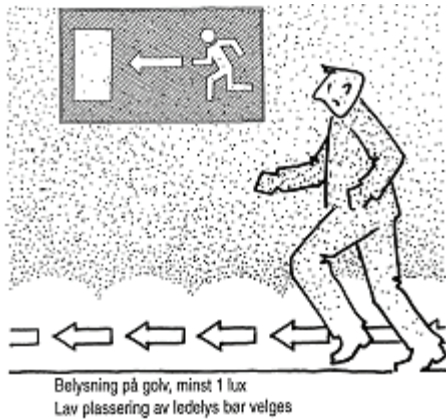
Sykehus skal ha installert ledesystemer i henhold til VTEK. Ledesystemer brukes for å gi tilstrekkelig merking og lyssetting ved brann og evakuering.

Effekt

Merker rømningsveier og gir nødvendig belysning ved brann. Forbedrer de evakuerendes og redningsmannskapenes evne til å orientere seg i bygget. Ledesystemet skal fungere i minst 30 til 60 minutt etter et eventuelt strømbrudd i bygget, avhengig av bygningens brannklasse (27).

Faremomenter

Utilstrekkelig ledesystem kan forlenge nødvendig tid til evakuering. Ledesystemene kan plasseres lavt i rømningsveiene for å unngå at de gjøres usynlig av røyklaget i øvre deler (27).



Figur 33 Ledesystem (27)

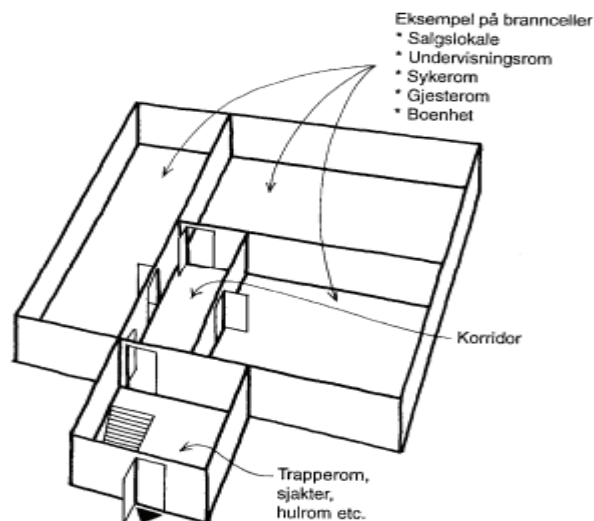
Brannseksjonering

Sykehus må inndeles i brannceller og brannseksjoner for å hindre rask brann- og røykspredning i større deler av bygget.

- *Brannceller:*
Normalt deles rom som har forskjellig bruk inn i egne brannceller. Pasientrom og korridorer utformes som egne brannceller. En branncelle skal hindre spredning av brann og røyk fra en branncelle til en annen i gitte tidsrom i henhold til ytelser i VTEK § 7-24.
- *Seksjoneringsvegger:*
Seksjoneringsvegger hindrer brannspredning fra en brannseksjon til en annen med forutsatt innsats fra brannvesenet. Slike vegger utføres i ubrennbare materialer og med brannmotstand i tidsrom i henhold til krav i VTEK. Seksjoneringsvegger skal ha stabilitet til å bli stående gjennom et fullstendig brannforløp, uavhengig av kollaps i en av brannseksjonene.
- *Branndører/selvlukkende dører:*
I sykehus er det fare for spredning av brann og røyk mellom tilstøtende rom i avdelinger, samt mellom ulike avdelinger. I sykehuskorridorer er selvlukkende branndører et godt tiltak for røykseksjonering. Slike dører kan holdes åpne med magneter i den daglige driften, som løses ut ved utløst brannalarm. Branndører i pasientrom kan utstyres med dørpumper for å sikre selvlukkende egenskaper.
- *Kjølesoner:*
Tilstrekkelig horisontal og vertikal avstand mellom vinduer i fasade for å hindre brann- og røykspredning mellom etasjer og bygningsdeler.

Effekt

Seksjonering av sykehus vil hindre rask brann- og røykspredning mellom brannceller og brannseksjoner i nødvendig tid for evakuering. Statistikk fra DSB fra perioden 1993-1999 viser at 82 % av alle branner i særskilte brannobjekter(sykehus) slokkes i startbranncellen. Samtidig stoppet brannseksjonering 5 % av brannene (92).



Figur 34 Branncelleinndeling (27)

Faremomenter

Svikt i brannseksjoner i sykehus kan få alvorlige konsekvenser ved brann i form av rask brann- og røykspredning mellom pasientrom og avdelinger:

- Utette gjennomføringer og utsparinger vil ødelegge integriteten til branncellebegrensende vegger og seksjoneringsvegger. Dette kan skyldes feil i utførelse i forbindelse med installering av for eksempel ventilasjonskanaler og elektrisitet. Feil i byggdetaljer i branncellevegger og seksjoneringsvegger kan også skyldes gjentatt ombygging og oppussing.
- Brann og røyk kan spres på tvers av seksjoneringsvegger via tekniske installasjoner som ventilasjonsanlegg og avtrekkskanaler, samt via hulrom for elektriske installasjoner.
- Åpne branndører kan gi brann- og røykspredning mellom brannceller og brannseksjoner. I avdelinger kan branndører holdes åpen med kiler og tau i forbindelse med daglig drift, og dermed gi rask brann- og røykspredning internt og mellom avdelinger og etasjer. Dører til pasientrom holdes åpen ved at sengetøy og lignende henges over dørblad, som kan føre til unødvendig røykspredning samtidig som ansatte iverksetter evakuering/slokking i andre deler av avdelingen, og dermed ikke oppdager at røyk sprer seg inn i pasientrom.

4.4.3 Røykkontroll/røykventilasjon

Røykkontroll og røykventilasjon innebærer tiltak for å kontrollere røykspredning i sykehus. Slike tiltak er viktig i tidlig fase av en brann for å hindre rask røykspredning i sykehuskorridorer og mellom avdelinger. VTEK stiller krav til røykventilering av trapperom som er del av rømningsvei, og beskriver samtidig tiltaket som godt egnet for å sikre optimale rømningsforhold. Statens Byggetekniske Etat og DSB har utarbeidet en temaveiledning for røykventilasjon: *Melding HO-3/2000 Røykventilasjon*. Veiledningen angir regler for installering og prosjektering av slike anlegg.

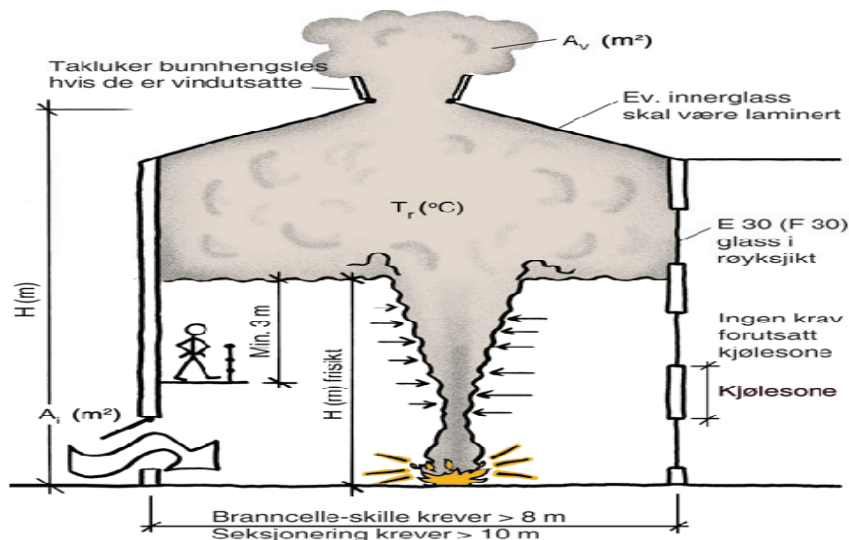
SINTEF Byggforsk blad 520.380: *Røykkontroll i bygninger* (88) redegjør for hovedprinsipper for røykkontroll ved brann. Røykventilasjon baseres på at røykgasser stiger opp i taket på grunn av termiske oppdriftskrefter fra varmeutviklingen. Et varmt røyksjikt vil da samles øverst i brannrommet, mens et rent luftsjikt dannes fra golvnivå. Dette kalles tozoneinndeling (88). Dess høyere det rene luftsjiktet er, dess lavere blir temperaturen i røyksjiktet. Røykkontroll og røykventilasjon kan utgjøres av flere tiltak (88):

- *Termisk røykventilasjon:*

Termisk røykventilasjon er basert på termiske oppdriftskrefter og skorsteinseffekt fra oppvarmet røyksjikt. Røyken trekkes ut av bygget ved hjelp av røykluker plassert i tak og trapperom, samtidig som tilluft sikres av lavtliggende tilluftsluker. Tilluften gir ren erstatningsluft i oppholdssonen. Mengden røykgass øker med høyden over golvet, tilsvarende tre ganger røykøkning ved doubling av røykfri sone over brannstedet, da luft trekkes inn i røyksøylen fra brannstedet. Røykluker i taket må fordeles jevnt i taket, og plasseres i forhold til brannlasten i ulike deler av bygget.

- *Mekanisk røykventilasjon(røykkontroll):*

Mekanisk røykventilasjon er basert på røykgassvifter og kanaler som fører røyken ut av bygget. Avtrekkspunktene plasseres jevnt utover taket. Tilluft sikres ved hjelp av tilluftvifter eller tilluftluker. Røykavsug angis i m^3/s avhengig av brannflate og ønsket høyde på røykfri sone. Røykventilasjonen starter i to trinn, først halv, så full luftmengde. Dette for å unngå fare for brannspredning. Horisontal hastigheten bør ikke være over 1 m/s for å sikre gode siktforhold i rømmingssonen. For å fortrenge røyk(styre røyk i en bestemt retning) sykehuskorridorer bør lufthastigheten til røyksjiktet være på $0,7\text{ m/s}$.

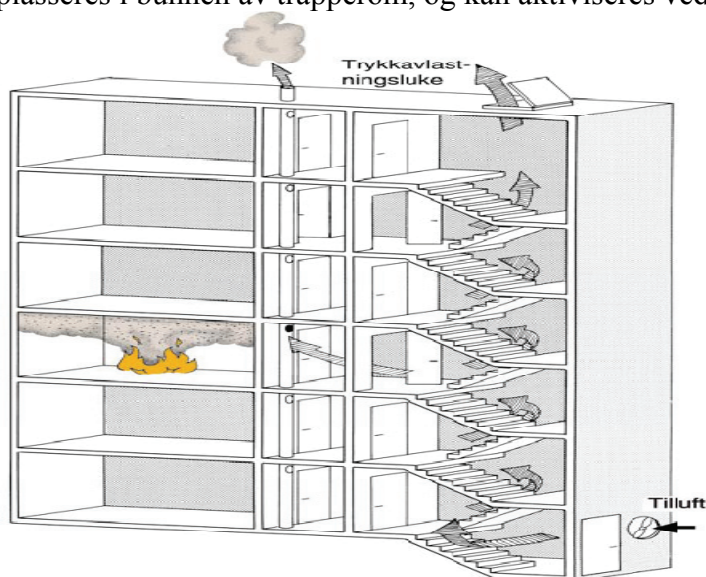


Figur 35 Prinsippkisse for røykventilasjon (88)

- *Trykksetting av trapperom*

Trykksetting av trapperom er et godt tiltak for å hindre røykinntrenging, og dermed forenkle evakuering samt rednings- og slokkinnsats. VTEK stiller krav til røykventilasjon av trapperom som er del av rømmingsvei. For å tilfredsstille dette kravet beskriver SINTEF Byggforsk trykksetting som det mest hensiktsmessige med hensyn på rømmingssikkerhet, anbefaler bruk av trykksetting i sykehusbygg med mer enn 4 etasjer.

Overtrykk dimensjoneres i forhold til romgeometri og termiske oppdriftskrefter mellom ulike rom i bygget. Trapperom dimensjoneres med overtrykk på mellom 30-50 Pa, som skapes ved hjelp av mekanisk røykventilasjon med tilluft. Røykgassviftene plasseres i bunnen av trapperom, og kan aktiviseres ved brannalarm.



Figur 36 Trykksetting av trapperom (88)

Effekt

Hensikten med røykkontroll og røykventilasjon er å ventilere ut branngasser og samtidig tilføre erstatningsluft utenfra. Med dette oppnås følgende effekter (88):

- Forlengelse av tilgjengelig rømningstid ved å opprettholde en røykfri sone over golvet.
- Reduksjon av brann- og røykskader. Begrenser varmekonveksjon pga. røykspredning.
- Hindrer brann- og røykspredning mellom brannceller og brannseksjoner.
- Forenkler innsats fra brannvesenet samt lokalisering av brannen ved å gi bedre sikt i bygningen.
- Forbedrer sikkerhet til redningsmannskaper.
- Reduserer fare for overtenning.

Faremomenter

Inhalering av røykgasser på grunn av røykfylte rømningsveier er hovedårsaken til at personer omkommer i brann i bygninger. Røyk kan raskt spre seg fra brannrommet til øvre etasjer i bygget, samt til deler av rømningsveier. Brannen i Caledonien hotell i 1986 er et eksempel på at rask røykspredning via heissjakter o.l, samt blokkering av rømningsveier kan få alvorlige konsekvenser. 14 personer omkom av røykforgiftning (87). SINTEF Byggforsk beskriver flere faremomenter ved røykventilasjon (88):

- Utløst sprinkleranlegg kan senke røykgasstemperaturen og dermed forringe effekt av oppdriftskrefter i termisk røykventilasjon. Røyk vil da trykkes ned mot golvet og forverre rømningsforhold.

- Dragsugeffekt kan inntreffe ved tykkelse på røyksjikt under 3 meter. Dette medfører at friskluft trekkes ut av røykluker istedenfor røyk. Effekten motvirkes ved å begrense avtrekksmengden per avtrekkspunkt.
- Kortslutningseffekt kan inntreffe dersom røykluker kombineres med mekanisk røykventilasjon. Dette innebærer at falsk luft trekkes inn via røyklukene.
- Uheldig dimensjonering av ventilasjonssystemet kan gi uheldig røykspredning fra pasientrom og ut i korridor.

4.4.4 Organisatoriske brannsikkerhetstiltak

Organisatoriske brannsikkerhetstiltak innebærer tiltak rettet mot personers evne til å forebygge og handle ved brann.

FOBTOT med veiledning stiller en rekke krav til organisatoriske brannsikkerhetstiltak i sykehus. Blant annet må det organisatoriske brannvernarbeidet dokumenteres, og inngå i sykehusets internkontrollsystem (30):

- *Brannvernleder:*
Særskilte brannobjekt skal ha en brannvernleder. Brannvernlederens oppgave er å ivareta arbeidet med brannsikkerhet, og handler på vegne av ansvarlig eier av bygget. Oppgaver og ansvar kan innebære å koordinere og tilrettelegge praktisk og teoretisk brannvernopplæring, være kontaktperson for- og bistå brannvesenet samt sørge for at bygget tilfredsstillende brannlovgivningen. Det stilles ikke faste kompetansekrav til brannvernledere i sykehus, men kvalifikasjonene bør stå i forhold til risikonivået i bygningen. Brannvernlederrollen er et omfattende og viktig verv i sykehus, og god kompetanse er nødvendig for å kunne utøve vervet på en tilfredsstillende måte. Viktig kunnskap er blant annet god oversikt over hvordan brannvernet organiseres internt og eksternt.
- *Brannvernopplæring:*
Alle ansatte i sykehus er pålagt å gjennomføre brannvernopplæring, samt regelmessige brannøvelser. Nye ansatte og vikarer skal også gjennomføre brannvernopplæring før de begynner å arbeide. Opplæringen bør inneholde innføring i:
 - Fysiske og kjemiske egenskaper ved brann, samt særskilt risiko i sykehus.
 - Rømningsveier og brannsikkerhetstiltak i bygget.
 - Den enkeltes plikter og ansvar. Hvordan brannvernarbeidet organiseres.
 - Øvelse i bruk av slökkemidler og evakuering av pasienter. Strakstiltak for å hindre brann- og røykspredning i bygget.
 - Branninstrukser/beredskapsplaner.
- *Brannøvelser:*
Ansatte i sykehus er pliktig til å gjennomføre årlige brannøvelser. Øvelsene bør gjennomføres med langsiktige mål, og fordeles jevnt utover året. Viktige øvelsesmomenter er:
 - Evakuering av pasienter. Evakueringsstrategier og rømningsveier.
 - Sløkking av brann, øvelse i bruk av håndslokkeapparater og brannslanger.
 - Strakstiltak for å hindre brann- og røykspredning, lukke dører o.l.

- Varsling av brann. Varsle brann i bygning og til brannvesen.
 - Bringe seg selv i sikkerhet
- *Instruksjer, planer og sjekklister:*
 Sykehusene er pliktige til å opprette ordensregler og instruksjer for brannforebyggende arbeid. I tillegg skal sykehus utarbeide rednings- og beredskapsplaner. Branninstruksjer er et tiltak for å avklare ansvarsområder før og under brann med tanke på varsling, evakuering og slokking. Sjekklister er hjelpemidler for å organisere systematiske brannvernrunder i den daglige driften med fokus på kontroll av blant annet dører, tennkilder, løs innredning samt tilgang til pasientrom og rømningsveier.
- *Manuelt slokkeutstyr:*
 Sykehus har krav om å ha installert brannslanger som når alle rom i bygget. Brannslangene må plasseres lett synlig og tilgjengelig. Trenet personale i sykehus kan iverksette effektiv slokkeinnsats på et tidlig stadium av brannen dersom de har trening i bruk av slikt utstyr og vet plassering og funksjon. I avdelinger med stor andel elektrisk utstyr bør CO₂- handslokker være tilgjengelig for å kunne begrense skade på utstyr. Statistikk fra DSB viser at manuelt slokkeutstyr har bidratt til å forhindre eller begrense skadeomfanget ved 50 % av branntilløpene i særskilte brannobjekt (99).

Effekt

En svensk studie (100) av organisatoriske brannverntiltak for ansatte i pleieavdelinger påpeker viktigheten av ansattes kunnskap og evne til å handle ved brann og evakuering. Studien ble utført ved Lunds tekniska högskola, på bakgrunn av innsamlede risikovurderingsrapporter fra ulike sykehus og pleieavdelinger. Det understrekes at pasientenes sikkerhet ved brann er direkte avhengig av innsatsen til personalet i sykehus. Personalet bør derfor gjennomføre systematisk og kontinuerlig brannvernopplæring for å kunne tilfredsstille brannsikkerheten, samt implementere sikkerhetsarbeid i den daglige driften. For å kunne oppdage brister og muligheter i brannsikkerheten i den daglige driften, er det nødvendig at personalet også kjenner hvordan det organiserte brannsikkerhetsarbeidet er oppbygd. Dette oppnås gjennom systematisk kursing og kompetansebygging på området. Studien presiserer også viktigheten av sykehuspersonalets delaktighet i utforming av brannvernrutiner. Personalet kjenner bygningen godt, og vet hvilke forhold som vil være avgjørende i en brannsituasjon ved en avdeling. Delaktighet vil sannsynligvis også gi personalet styrket ansvarsfølelse og eierskap til aktivt brannvernarbeid, og dermed opprettholdes et høyt sikkerhetsnivå i sykehus. Studien behandler følgende fokusområder for ansatte i sykehus og pleieavdelinger (100):

- Brannvernopplæring
- Trening
- Sprinkler
- Brannseksjonering
- Brannalarm og evakuering
- Løs innredning
- Rutiner og sjekklister

Organisatoriske brannsikkerhetstiltak er svært viktig for å oppnå og opprettholde akseptabel brannsikkerhet i sykehus. Frantzich (101) vektet personalet som den viktigste brannsikkerhetsfaktoren ved en sykehusavdeling. Sykehuspersonalet vil gjennom organisert brannsikkerhetsarbeid kunne oppdage og korrigere avvik som oppstår gjennom den daglige

driften. Ved brann kan trenet personale iverksette tiltak for varsling, slokking, begrensning av brann- og røykspredning samt tiltak og prosedyrer for evakuering av pasienter.

Faremomenter

Organisatoriske brannsikkerhetstiltak innebærer utfordringer i forhold til:

- Avsette tilstrekkelig tid til brannvernarbeid i den daglige driften. Stort arbeidspress på sykehuspersonalet og høy pasientbelastning vil sannsynligvis forringe brannsikkerheten ved avdelinger, da det ikke blir tid til brannvernrunder o.l. Dette vil gjøre det vanskeligere å avdekke og lukke avvik i brannsikkerheten.
- Lav nattbemanning i forhold til antall pasienter. Ved enkelte avdelinger jobber kun 2 ansatte nattevakt, som kan være marginalt i forhold til assistert evakuering av pasienter. Ved brann må det derfor være muligheter for rask varsling og bistand fra ansatte i andre avdelinger.
- Håndtering av unormal eller strekt varierende risiko kan være en utfordring ved sykehusavdelinger. Slik varierende risiko kan eksempelvis være utkobling av brannalarm- og sprinkleranlegg, eller midlertidig sperring av rømningsveier i forbindelse med daglig drift. Slike risikomomenter må identifiseres gjennom organisert brannvernarbeid, og samtidig kompenseres for med særskilte brannsikkerhetstiltak. Dette kan være å etablere alternative rømningsveier o.l. Korridorpasienter utgjør en sterkt varierende risiko i sykehusavdelinger, og krever at det iverksettes risikoreducerende tiltak for sikre fri ferdsel i rømningsveier.
- Brannvernlederrollen er en omfattende oppgave i sykehus. Vervet krever kunnskap og engasjement, og det er derfor viktig at brannvernlederrollen utgjør en stor del av stillingsinstruksen til innehaver. Brannvernlederens oppgaver bør ikke bagatelliseres og nedprioriteres i forhold til øvrige arbeidsoppgaver. Oppgaver, kompetansekrav og ansvarsforhold bør samtidig være klart definert.

4.4.5 Evakueringsplaner

Sykehus er pliktig til å etablere evakueringsplaner jfr. FOBTOT § 3-4. Evakuering av sykehusavdelinger er en krevende oppgave for personalet. Pasientene vil ha varierende grad av førlighet, og enkelte vil være sengeliggende og tilkoblet livsoppholdene medisinsk utstyr. Avdelinger med overbelegg og korridorpasienter er spesielt utsatt ved brann fordi røykspredning i korridor vil true pasientene i en tidlig fase av brannen. Sykehus må derfor planlegges og tilrettelegges for omfattende assistert evakuering ved brann. Vertikal assistert evakuering av pasienter er en svært omfattende og tidkrevende oppgave. Forflytningen vil skje via trapperom da heiser ikke kan benyttes ved brann.

Strategi

I henhold til DSB er hovedprissippet for evakuering i sykehus horisontal evakuering i samme etasje til sikre venteområder i annen brannseksjon. Dette muliggjør bruk av pasientsenger, rullestoler og evakueringslaken, og vertikal evakuering av pasienter unngås i startfasen av brannforløpet. Evakuering av sykehusavdelinger kan deles inn 4 sekvensielle faser, hvor fasene iverksettes i forhold til alvorlighetsgrad og risikobildet av branntiløpet (10):

Fase 1

Evakuering fra stedet hvor brannen starter. Pasienter evakueres horisontalt forbi minst en røykskilledør i tilliggende korridor. De fleste branntilløp vil sannsynligvis kontrolleres i løpet av evakueringsfase 1 som følge av automatisk slokkeanlegg eller innsats fra sykehuspersonell.

Fase 2

Horisontal evakuering av pasienter fra nærområdet til arnestedet for brannen. Dette omfatter tilgrensende rom, samt delen av avdelingen som ligger inn mot felles korridor med brannrommet. Pasienter evakueres forbi minst en røykskilledør i tilliggende korridor.

Fase 3

Horisontal evakuering av avdelinger i etasjer over og under arnestedet. Alle pasienter evakueres til annen brannseksjon.

Fase 4

Vertikal evakuering for transport ut av bygningen.

Horisontal evakuering

Horisontal pasientevakuering vil foregå ved hjelp av senger, rullestoler, evakueringstepper og løft. Slik forflytning vil kunne skje forholdsvis raskt, ettersom de fleste pasienter kan transporteres liggende i pasientseng eller i rullestol. Transport av pasienter som er tilkoblet medisinsk utstyr vil imidlertid være problematisk, og gjør det nødvendig med forberedelser før forflytning.

Vertikal evakuering

I tilfeller hvor brann og røyk hindrer horisontal evakuering til annen brannseksjon må alternative rømningsveier benyttes. Dette er oftest trapperom i enden av korridor. Vertikal evakuering av svake pasienter tar lang tid og er krevende for pasienter og sykehuspersonell. I slike situasjoner er det viktig at avdelingene har rutiner og innøvde metoder for denne type evakuering. Forflytning kan skje via:

- *Personell og redningsmannskaper:*

Pasienter kan flyttes vertikalt ved hjelp av evakueringspledd eller løft av pasient eller rullestol. Slik forflytning vil være krevende, og kan være til skade for pasienter. Det finnes ingen universalløft for pasienter og bevegelseshemmede. Forsøk med evakuering av bevegelseshemmede i Sverige (102) viste imidlertid tidsgevinster med å bære personer ned trapper. Rullestolløftet ble anbefalt av helsepersonell. Pasienten løftes da av to personer, og forflyttes i sittende stilling. Fremkommelighetsproblemer oppstår i trange passasjer. Alternative løft er da brannmannsløft og dødmannsløft.



Figur 37 Rullestolløft (102)



Figur 38 Redningslaken for vertikal evakuering (103)

- *Rømningsheis:*

Rømningsheiser er heiser som skal kunne benyttes av evakuerende uten assistanse fra brannvesenet. Slike heiser krever høy sikkerhet og gode tekniske ytelser ved brann (104):

- Sikker strømtilførsel.
- Trykksetting av heissjakt og sluse.
- Styrings- og alarmfunksjoner.
- Heisen må tåle vann.
- Installerte nødtelefoner.

Det finnes i dag ingen standard som behandler rømningsheiser. Det europeiske markedet her foreløpig ikke enes om hvilke ytelser som skal være gjeldende, eller hvilke persongrupper evakueringsheisene skal være beregnet på. Britisk standard BS 5588-8: 1999 omhandler rømningsheiser (104).

- *Høydemateriell*

Assistert vertikal rømning kan skje via brannvesenets høydemateriell.

Denne type evakuering er svært krevende i forhold til tid og redningsmannskapsressurser. Forsøk i Sverige med evakuering av bevegelseshemmede via brannvesenets høydemateriell viser at det tar ca. 40 minutter å evakuere 10 bevegelseshemmede fra 2. etasje. Dette er 4 ganger lengre tid enn for funksjonsfriske personer. Sannsynligvis kan kun et begrenset antall pasienter evakueres på denne måten ved brann i sykehus (102).



Figur 39 Evakuering via høydemateriell (102)

Sikkert sted/ midlertidig ventested

Evakuering i sykehus foregår ved forflytning til sikkert sted. Sikkert sted defineres i henhold til VTEK som annen brannseksjon eller terreng. Sikkert sted i en bygning må forutsettes å motstå et fullstendig brannforløp, og beskytte alle personer som oppholder seg der, og må derfor sikres mot brann- og røykspredning (104). I sykehus er sikkert sted ofte tilgrensende avdelinger i annen brannseksjon.

Midlertidig ventested er et område hvor evakuerende venter på assistert vertikal rømning i evakueringsfase 4. Området bør kunne nå direkte fra trapperommet for assistanse fra redningsmannskaper. I sykehus må det være tilstrekkelig plass til pasienter og utstyr, uten at dette er til hinder for andre evakuerende. Midlertidige ventesteder er ikke underlagt like strenge krav til brannmotstand som sikkert sted, men må sikres mot (104):

- Røykspredning: ventilasjonssystem/ røykspjeld
- Svakheter i branncelle: tette dører og gjennomføringer.

Korridorpasienter

Mange pasienter i sykehus vil være helt avhengig av assistanse fra sykehuspersonell ved brann og evakuering. Korridorpasienter vil være spesielt utsatt for røykeeksponering i tidlig fase av brannen. Ved brann i et pasientrom vil døren måtte åpnes for å kunne iverksette slukkeinnsats, og røyk vil trenge inn i korridoren. Pasienter i andre pasientrom vil være beskyttet mot denne eksponeringen. Avdelinger med korridorpasienter må derfor evakuere flere pasienter i nevnte evakueringsfase 1 for å ivareta pasientenes sikkerhet.

Korridorpasienter er samtidig en følge av overbelegg og plassmangel i sykehuset. Når en avdeling evakuerer horisontalt til tilgrensende avdeling i annen brannseksjon, må det også være plass i denne avdelingen. Dersom avdelingen det evakueres til allerede har fulle korridorer, kan dette være til hinder for en effektiv evakuering. Sykehuspersonellens evne til å ta seg fram i- og manøvrere i korridoren vil forringes, noe som kan resultere i brann- og røykskader grunnet forsinket forflytning av pasienter.

Frantzich (105) beskriver sikkerheten til sykehuspasienter som avhengig av tilstanden til pasientene og antall personell tilstede for assistanse. Tilstanden til pasientene vil ha betydning for hvor effektivt de kan forflyttes. For svært syke pasienter er det nødvendig med forberedelser før forflytning, noe som krever tid og personellressurser. Undersøkelser viser korrelasjon mellom tid til forberedelse og forflytningshastighet for pasienter. Lengre tid til forberedelse korrelerer med lav forflytningshastighet og visa versa (105). Høyere antall personell tilstede vil muliggjøre raskere evakuering, og samtidig gi økt sannsynlighet for deteksjon og slokking av brann. Rask evakuering i tidlig fase av brannen vil øke sikkerheten til korridorpasienter (105).

Nattestid er sykehusene mest sårbare i forhold til brann og evakuering. Ofte er kun 2 ansatte på jobb ved en sykehusavdeling med 20 pasienter, mot normalt 10-12 på dagtid (68). Ved brann er det derfor viktig med rask varsling og rutiner for assistanse fra personell ved andre avdelinger.

4.4.6 Pålitelighetstall for branntekniske tiltak

Pålitelighet kan defineres som *evnen en teknisk enhet har til å utføre en tiltenkt funksjon under gitte miljø- og driftsforhold over en gitt tidsperiode* (106).

Rapporten *En innføring i bruk av brannteknisk analyser- Muligheter og beregninger*(2002) av Mostue, SINTEF NBL (87) nevner viktige forhold som bør legges til grunn ved vurdering av påliteligheten til branntekniske tiltak:

- *Kompleksitet:*
Komplekse tiltak øker risikoen for at feil kan oppstå. Flere komponenter kan svikte samtidig som følge av felles årsak.
- *Følsomhet:*
Følsomhet i forhold til antagelser som ligger til grunn for dimensjonering av tiltaket.
- *Sårbarhet:*
Evne tiltaket har til å tåle ulykkesbelastninger som f. eks. sabotasje, strømbrudd, eksplosjon.
- *Tilgjengelighet:*
Tiltakets tilgjengelighet for kontroll og vedlikehold.
- *Konflikt med andre forhold:*
Tiltak som kommer i konflikt med utførende aktivitet ved brann, kan få redusert pålitelighet. Eksempelvis branddører som holdes åpne med trekiler.

I følge Mostue (87) er det store variasjoner i erfaringsdata for bestemmelse av påliteligheten til ulike brannsikkerhetstiltak, avhengig tilgjengelig datagrunnlag og anvendte metoder for å utføre pålitelighetsestimater. Det er utført mange studier, hvor enkelte er basert på inntrufne branner, mens andre baseres på ekspertvurderinger. Påliteligheten til passive brannsikkerhetstiltak baseres i hovedsak på ekspertvurderinger. Tallmaterialet i SINTEF rapporten (87) er hentet fra britisk standard BS DD 240, 1997, samt en amerikansk studie utført av Bukowski, 1999 (107). I den amerikanske studien presenteres analyser av data fra mange ulike studier av påliteligheten til røykdetektorer og sprinkleranlegg. Begge disse kildene angir påliteligheten til ulike brannsikkerhetstiltak som (87):

- *sannsynligheten for at brannsikkerhetstiltaket fungerer når påkrevet.*

Sprinkleranlegg

En rekke ulike pålitelighetsestimater for sprinkleranlegg presenteres i studien av Bukowski, med variasjoner i forhold til blant annet type bygninger, tidsperiode, type branner og sprinkleranlegg samt om sprinkleranlegget slokker eller kontrollerer brannen (87). Tallverdiene varierer fra 81,3%(Taylor,1990)-99,5%(Maybee og Marryat,1988). Gjennomsnittlig pålitelighet for sprinkleranlegg i alle kategorier bygninger med bakgrunn i estimater fra 18 kilder i Bukowski studien er 95%. Kun en kilde for sprinkleranlegg i institusjoner angir pålitelighet på 96,6%(Milne,1959). Dette estimatet er imidlertid gammelt, og anses ikke som anvendbart for dagens sprinkleranlegg i institusjoner (87). Disse pålitelighetstallene viser sannsynligheten for at sprinkleranlegget virker(vann ut).

Røykdetektorer og røykventilasjon

I Bukowski studien er det utarbeidet en statistisk analyse av pålitelighetsestimat for røykdetektorer utført av Hall(1995), med datamateriale fra perioden 1983-1992. Gjennomsnittlig pålitelighet for røykdetektorer i ulike bygningstyper angis på bakgrunn av 10 ulike kilder, samt øvre og nedre grense for 95 % - konfidensintervall. Institusjonsbygninger kommer best ut med gjennomsnittsverdi på 83,5 %. Dette resultatet forklares med bedre og rutinemessig vedlikehold av røykdetektorer i slike bygninger, samt bedre kvalitet på brannalarmanleggene. For sykehus isolert sett angis gjennomsnittlig pålitelighet som 83,3 % (87).

BS DD 240(1997) angir påliteligheten til deteksjonssystemer. Systemer for deteksjon av varme og røyk har i henhold til standarden pålitelighet lik 90 %, mens systemer for deteksjon av flamme har en vesentlig lavere pålitelighet på 70 %. Påliteligheten til brannalarmanlegg anses som lik påliteligheten til detektorene (87).

Påliteligheten til både mekanisk og naturlig røykventilasjon er lik 90 % i henhold til BS DD 240 (87).

Passive brannsikkerhetstiltak

Påliteligheten til passive brannsikkerhetstiltak angir påliteligheten til konstruksjonsdelene i brannceller og seksjoneringsvegger, samt eventuelle dører, spjeld og tettinger av gjennomføringer. Yteevnen til slike tiltak angis i brannmotstand som defineres som evnen til å hindre at brann sprer seg fra eksponert- til ueksponert side av brannskillet. Yteevnen vil være avhengig av materialet skillet består av, samt antall gjennomføringer og kvaliteten på utførelsen av skillet. Bygningsdelers brannmotstand bestemmes ut fra brannteknisk prøving, og utsatt for en tid/temperaturkurve i henhold til ISO 834 (87).

Bukowski studien angir påliteligheten til murkonstruksjon og gipsskille på bakgrunn av to ulike ekspertvurderinger, Warrington Delphi UK og australske Fire Eng. Guidelines. Påliteligheten til murkonstruksjoner og gipsskiller settes til henholdsvis 81 % og 69 %, gitt at det er 29 % sannsynlighet for at en åpning vil stå åpen (Warrington). Det australske estimatet for murkonstruksjoner og gipsskiller angir påliteligheten til disse tiltakene lik 95 % dersom det ikke finnes åpninger, og lik 90 % dersom det er åpninger med automatisk lukking (87).

Britisk standard BS DD 240 (1997) angir pålitelighetstall for passive brannsikkerhetstiltak. Her settes påliteligheten til vegger og golv lik 95 %. Påliteligheten til branddør og dør med dørlukker i trapperom settes til henholdsvis 70 % og 90 % (87).

Rangering av brannsikkerhetstiltak

I tabell 11 rangeres brannsikkerhetstiltak ut fra pålitelighetstall i nevnte SINTEF rapport (87). Valgte pålitelighetstall er de som forfatter anser som mest representative for sykehus. Sykehus har faste forskriftskrav om rutinemessig vedlikehold av og kontroll av branntekniske tiltak. Dette kan begrunne at de høyeste angitte pålitelighetstall for ulike brannsikkerhetstiltak velges for sykehus.

Sprinkleranlegg og passive brannsikkerhetstiltak som vegger, golv, murkonstruksjoner og gipsskiller rangeres høyest med hensyn til pålitelighet. Sprinkleranlegg i sykehus gjennomgår årlig vedlikehold og kontroll, noe som kan forklare høy pålitelighet. Passive

brannsikkerhetstiltak i form av vegger, gipsskiller og lignende har lav kompleksitet og har god tilgjengelighet for vedlikehold.

Lavest rangeres branndører og røykdetektorer/brannalarmanlegg. Røykdetektorer er utsatt for feilalarmer, noe som kan medvirke til å redusere påliteligheten til tiltaket i form av forlenget evakueringstid dersom alarmen ved brann ignoreres som feilalarm. Branndører er følsomme for utettheter på grunn av bruk/slitasje. Samtidig kan branndører bli stående åpne dersom de kommer i konflikt med evakueringsaktiviteter eller daglig drift i sykehus.

Tabell 11 Pålitelighetstall for brannsikkerhetstiltak

Brannsikkerhetstiltak	Pålitelighet [%]	Anmerkning
Sprinkleranlegg	95	
Vegger og golv	95	
Murkonstruksjoner	95(90)	Gitt at det ikke finnes åpninger. Påliteligheten er 90 % dersom det er åpninger i konstruksjonen med automatisk lukking
Gipsskiller	95(90)	
Røykventilasjon(mekanisk og naturlig)	90	
Dør med dørlukker i trapperom	90	
Røykdetektor/brannalarmanlegg	83,3	
Branndør	70	

5 Risikoanalyse

5.1 Risiko generelt

Risiko uttrykker muligheten for tap, og defineres som produktet av sannsynligheten for at en uønsket hendelse skal inntreffe (P), og konsekvensen av den uønskede hendelsen (K):

$$\text{Risiko} = (P) \times (K)$$

Risikoanalyse er en systematisk identifisering av risiko, og brukes som verktøy for å klarlegge sikkerhet, iverksette risikoreduserende tiltak og vurdere ulike løsninger. Analysen gjennomføres ved å kartlegge farer og uønskede hendelser, og bestemme hvilke årsaker og konsekvenser disse innebærer. Ofte er risikoanalysen en metode for å dokumentere og vurdere sikkerhet, samt beskrive usikkerhet, eksempelvis (108):

- Systematisk beskrivelse av uønskede hendelser, og konsekvenser av disse.
- Underlag for å vurdere akseptabelt risikonivå.
- Underlag for å vurdere lønnsomhet i prosjekt.
- Underlag for å vurdere mellom alternative løsninger og tiltak.
- Kompetanse og motivasjon for systematisk sikkerhetsoppfølging, og opprettholdelse av fastlagt sikkerhetsnivå.

Sikkerhet kan defineres som ”*evnen til å unngå skader og tap som følge av uønskede hendelser*”. Høy sikkerhet innebærer at risikoen er lav, og innen akseptable nivåer. Brannsikkerhet knyttes til (108):

- Personssikkerhet: personer i bygning
- Verdier: bygninger, samfunnsverdier, miljø
- Sikkerhet for redningsmannskaper.

5.2 Akseptkriterier

Et akseptkriterium kan defineres som (109):

- ”*nivå på en egenskap som avgjør om en teknisk eller administrativ løsning kan aksepteres.*”

Akseptkriterier fastsettes opp mot fastsatte brannsikkerhetsmål, og beskriver hvilken risiko som kan aksepteres. NS 3901 deler akseptkriterier inn i tre typer:

Probabilistiske akseptkriterier

Probabilistiske akseptkriterier angir akseptabel sannsynlighet for at en uønsket hendelse skal inntreffe, og er ofte av typen: *maksimalt a % sannsynlighet for at konsekvens b skal inntreffe*. Det forutsettes derfor at analysen angir et mål på risiko som direkte kan sammenlignes med akseptkriteriet. Det er vanligst å bruke probabilistiske akseptkriterier på delproblemer, da det i praksis er nesten umulig gjennomføre en fullstendig probabilistisk analyse. Dette skyldes mangel på både data og beregningsmodeller.

Deterministiske akseptkriterier

Deterministiske akseptkriterier angir at gitte konsekvenser ikke skal inntreffe. Ofte formuleres alternative akseptkriterier i tilfeller der ulike deler av sikkerhetssystemet svikter. For å ta hensyn til usikkerheter i beregningsmetodene eller feil i utforming av bygningen, benyttes sikkerhetsfaktorer og konservative akseptkriterier. Kriteriene formuleres som spesifikke maksimalverdier for blant annet:

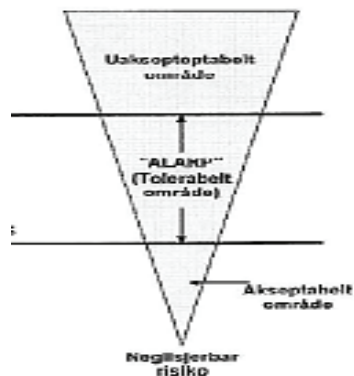
- Varmestråling
- Røykproduksjon
- Sikt lengde
- Temperatur

Komparative akseptkriterier

Komparative akseptkriterier tar utgangspunkt i preaksepterte løsninger, for å vise at alternative løsninger har like god sikkerhet. Det benyttes ofte både probabilistiske og deterministiske metoder.

ALARP - prinsippet

NS 3901 presenterer ALARP – prinsippet, hentet fra britiske standarder. ALARP står for: *As Low As Reasonably Practicable*. Figur 40 viser prinsippet. Det øverste feltet representerer området med uakseptabel sikkerhet, mens det nederste området representerer akseptabel sikkerhet. Området i midten er ALARP området. Dette representerer tolerabel risiko, dersom videre risikoreduksjon er for dyr i forhold til oppnådd forbedring. Dette prinsippet brukes for å vurdere i nytte / kostnad vurdering av risikoreducerende tiltak.



Figur 40 ALARP – prinsippet (49)

NS 3901 deler risikoanalysen inn i to deler, kvalitativ- og kvantitativ analyse. Disse metodene er ofte forskjellige i både metode og omfang.

FAR-verdi

FAR- verdi står for Fatal Accident Rate, og angir antall omkomne per 10^8 eksponeringstimer. FAR- verdien gir en målbar størrelse for personsikkerhet for en hel bygning, og vurderes opp mot akseptkriterier basert på ALARP -prinsippet. Metoden tar hensyn til aktiviteter, mennesker samt bygningstekniske forhold i bygningen for å gi et presist bilde av sikkerheten (34).

5.3 Kvalitativ risikoanalyse

Kvalitativ risikoanalyse danner nødvendig underlag for den kvantitative analysen. Dette innebærer å forenkle og beskrive risikobildet til håndterbare proporsjoner, blant annet ved å velge ut hvilke brannscenarier som er kritiske for brannsikkerheten, og som bør undersøkes nærmere. Oftest gjennomføres den kvalitative analysen med fokus på å kartlegge problemer, uten å bruke beregninger. Resultater av kvalitativ risikoanalyse er:

- Vurdering av sikkerhetsstrategien i forhold til akseptkriterier.
- Forslag til brannforebyggende tiltak.
- Systematisk beskrivelse av dimensjonerende brannscenarier.
- Akseptkriterier for delproblemer som f.eks røykspredning og evakueringstid.
- Plan for videre arbeid.
- Grovanalyse med utvalgte hendelser for scenaribasert dokumentasjon.

5.4 Kvantitativ risikoanalyse

Den kvantitative delen av analysen innebærer kvantifisering av kritiske problemområder identifisert i den kvalitative analysen. Det er viktig at det benyttes gode og pålitelige beregningsverktøy, samt kritisk bruk av inputdata. Resultatene må tolkes og vurderes kritisk opp mot hvilket datagrunnlag som er benyttet, samt hvilke antagelser og forutsetninger som er gjort i analysen (87). Mangel på datagrunnlag gjør det ofte vanskelig å kvantifisere et totalt sikkerhetsnivå for en bygning. Kvantitative analyser deles derfor ofte opp i delanalyser som (87):

- Antennelse og brannutvikling i startrom.
- Røyk- og gasspredning.
- Brannspredning i startrom.
- Deteksjon og aktivering av brannvernssystem.
- Brannslukking.
- Evakuering.

Kvantitative analyser utføres på to ulike måter (87):

1. Probabilistisk analyse

Probabilistiske analyser beregner konsekvenser for uønskede hendelser, samt sannsynligheten for at disse hendelsene inntreffer. Metoden er basert på inntrufne branner, forsøk og ekspertvurderinger. Det benyttes statistisk data om brannhyppighet og påliteligheten til brannverntiltak, i kombinasjon med vurderinger av konsekvenser for ulike brannscenarier. Komparative vurderinger danner grunnlaget for bestemmelse av ønsket sikkerhetsnivå. Probabilistiske analyser egner seg godt til å få frem komplekse interaksjoner mellom ulike brannsikkerhetsfaktorer, samt skaffe oversikt over kritiske brannscenarier. Fordeler og ulemper med metoden (87):

Tabell 12 Probabilistisk analyse- fordeler og ulemper (51)

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">- Grunnlag for å vurdere mange brannscenarier.- Egnet til å gjenspeile alle aspekt ved reelle branner.- Egnet til å kvantifisere unøyaktigheter.	<ul style="list-style-type: none">- Ofte mangel på nødvendig beregningsunderlag- Mange antagelser nødvendig.- Ofte uegnet som prosjekteringsverktøy. Vanskelig å beskrive effekt av tekniske detaljer.

Hendelsestre

Bruk av hendelsestre er en vanlig probabilistisk metode. Dette er en grafisk framstilling av ulike brannscenarier ut fra en startbrann. Det må derfor lages et hendelsestre for hver startbrann. Grenene i et hendelsestre representerer ulike hendelseskjeder som kan forekomme, i sammenheng med ulike barrierer/sikkerhetsfunksjoner som enten fungerer eller feiler. For hver barriere angis en sviktsannsynlighet, og på bakgrunn av den beregnes sannsynligheten for de ulike brannscenariene. Deretter rangeres og vurderes scenariene etter risiko.

2. Deterministisk analyse

Deterministisk analyse innebærer beregninger som kvantifiserer brannvekst, brannsprening, røykspredning, samt hvilke konsekvenser dette innebærer for brannsikkerhet. Analysen fokuserer i motsetning til probabilistiske analyser på enkeltscenarier, og vurderer dette opp mot et sett med forutsetninger og akseptkriterier. SINTEF NBL konkluderer med at det i liten grad benyttes deterministiske metoder og teknikker for å underbygge løsninger som avviker fra VTEK[13]. Fordeler og ulemper med metoden (87):

Tabell 13 Deterministisk analyse- fordeler og ulemper (51)

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">- Gir bilde av fysikalske forhold av ved brannen.- Kan ta hensyn til detaljer og byggetekniske løsninger.- Godt egnet som designverktøy	<ul style="list-style-type: none">- Kunnskaps- og arbeidskrevende.- Kan bli ufullstendig, og dermed gi misvisende resultater. Dette gir sårbare løsninger.

6 Beregningsmetoder

I denne oppgaven benyttes ulike beregningsmetoder for å beskrive brann- og røykspredning, evakuering og risiko ved ulike brannscenarier i en sykehusavdeling. Beregningene utføres ved hjelp av dataprogrammer og håndberegninger, med utgangspunkt i brannteknisk teori, tidligere utførte analyser og statistikk.

6.1 Brannutvikling

For å beskrive brannutvikling er dataprogrammet CFAST benyttet, med nødvendige håndberegninger og antagelser.

6.1.1 Beregningsprogrammet CFAST

For å beregne brannforløpet i analysen er programmet CFAST 6.1.1 anvendt. CFAST er et tosoneprogram utarbeidet av NIST, og er gratis tilgjengelig (110). Programmet er en tosonemodell egnet til å beskrive brannforhold som funksjon av tid, ut fra valgt rektangulær romgeometri og inputdata som romdimensjoner, materialer, ventilasjon, sprinkler og dimensjonerende brann.

Tosonemodeller bygger på at forbrenningsproduktene fra brannen akkumuleres i et øvre horisontalt lag under taket. Ulike soner deles inn i øvre lag, nedre lag, brann, røyksøyle, utvendig gass og omhylningsflater. Mellom disse sonene beregnes utveksling av masse, energi og kjemiske stoffer. Det øvre laget antas å ha homogene egenskaper. I en branncelle med en jevnt fordelt brannenergi, kan en tosonemodell utvikle seg til en ensonemodell dersom gasstemperaturen i det øvre laget overskrider 500 °C, eller det øvre lagets tykkelse dekker 80 % av branncellens høyde (111). Ensonemodeller benyttes for å beskrive brannforløp etter overtenning, hvor det antas at hele branncellen er fylt med røyk og har homogene forhold med hensyn til temperatur, sikt og kjemisk sammensetning (111).

Utdata fra CFAST er (112):

- Gasstemperatur, oksygen- og røykkonsentrasjon.
- Temperatur på omhylningsflater.
- Varmefluks og strømningshastigheter.
- Brannintensitet og flammehøyde
- Aktiveringstider for brannalarm og sprinkler.

CFAST er et godt validert program. Studier viser at eksperimentell usikkerhet ved CFAST beregninger ligger ca. 30 % i forhold til målte størrelser for temperatur, varmekraft osv (112).

CFAST egner seg for å beregne brann- og røykspredning i komplekse bygninger, heller enn detaljerte strømningsforhold i ett rom. Programmet har begrensninger i forhold til (112):

- *Romgeometri:*
Programmet forutsetter enkel rektangulær geometri, men har algoritmer for korridorstrømning. CFAST anses derfor som egnet for å beskrive brannforløp i sykehuskorridor.
- *Varmeavgivelse:*
CFAST beregner ikke varmeavgivelse fra brennende objekter. Varmeavgivelse må derfor angis av bruker, og bør ikke overskride 1MW/m³.

- *Stråling:*
Stråling fra brann skjer med forenklet beregningsestimert. Dette begrenser treffsikkerheten til programmets stålingsberegning nær brannkilden.
- *Ventilasjon:*
I ett enkelt rom bør ikke forholdet mellom ventilasjonsarealet som forbinder to rom og volumet til rommet overskride ½ m. Denne begrensingen er knyttet til usikkerhet i beregninger utført i bygninger med store luftlekkasjer.
- *Termiske egenskaper:*
Treffsikkerheten til programmet er avhengig av hvor godt brukeren spesifiserer de termiske egenskapene til romgeometrien. Dette gjenspeiles i størrelsen på gass- og sotakkumulering, samt strålings- og konveksjonsresultater.

6.1.2 Håndberegninger

Håndberegninger benyttes når det er nødvendig med overslagsberegninger, og når det kreves enkle beregninger for å skaffe inputdata til CFAST.

Totale brannforløp for brann i rom kan beskrives med såkalte tid-temperaturkurver vist i figur 41. I slike kurver angis temperaturen i rommet med hensyn på tid. Brannforløp i rom deles grovt inn i 3 hovedfaser:

Vekstfase(del 2) (113):

I vekstfasen vil brannen øke i størrelse, og spre seg fra startstedet(punkt 1). Gjennomsnittlig romtemperatur vil være relativt lav, men temperaturen i og rundt forbrenningssonen vil være høy. Brannen vil fortsette å vokse helt til det oppnås forhold for overtenning. Overtenning benevner overgangen fra vekstfasen til en fullt utviklet brann(punkt 4). Overtenning defineres på forskjellige måter. En av de vanligste definisjonene er overgang fra lokalisert brann til en brann hvor alle brennbare overflater i rommet brenner. En annen definisjon er overgang fra brenselkontrollert- til ventilasjonskontrollert brann. Det vil si at brannveksten går over fra å være avhengig av tilgang på brennbart materiale, til å være avhengig av tilførsel av oksygen. Kriterier for overtenning blir i litteraturen gitt som branngasstemperatur lik 600°C i taket, og stråling mot golvet på 20 kW/m². Vekstfasen beskrives matematisk vanligvis som en t²-brann, hvor varmeavgivelsen \dot{Q} [W] angis som funksjon av tid (113):

$$- \quad \dot{Q} = 10^6 \times \left(\frac{t}{t_g}\right)^2$$

Faktoren t angir tid[s], mens faktoren t_g angir tid [s] som kreves for å nå en varmeavgivelse på 1MW. Verdien på t_g er relatert til en brannutviklingshastighet, RHR_f . I henhold til NS- EN 1991-1-2:2002 (111) er brannutviklingshastigheten i sykehusrom middels, tilsvarende en RHR_f - verdi på 250kW/m² med tilhørende t_g lik 300s (111).

Fullt utviklet brann(del 5) (113):

Etterfulgt av overtenningen oppnås en fullt utviklet brann, hvor alt brennbart materiale i rommet er del i brannen. Temperatur og varmeavgivelse når maksimum, og brannens vekst blir avhengig av tilgang på oksygen, dvs. ventilasjonskontrollert. Det er i denne fasen av brannen bygningsdeler kan svikte, og faren er størst for personer i rommet.

En fullt utviklet brann beskrives ofte med parametriske tid-temperaturkurver angitt i NS-EN 1991 (114). Disse kurvene viser romtemperaturen som funksjon av tid, med hensyn til spesifikk brannenergi og åpningsfaktor. Karakteristisk spesifikk brannenergi beskriver mengden brennbart materiale per gulvareal. NS-EN 1991 angir gjennomsnittlig spesifikk brannenergi for rom i sykehus lik: $q_{f,k} = 230 \text{ MJ/m}^2$, med en 80%-fraktil på 280 MJ/m^2 (111).

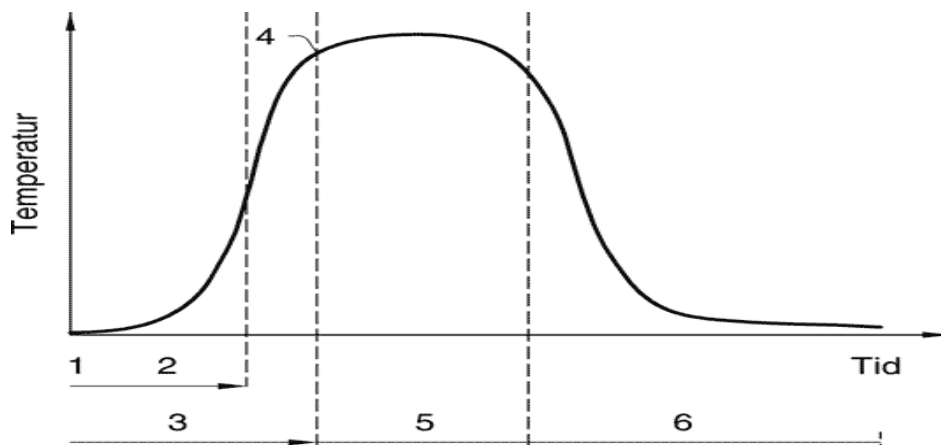
Åpningsfaktor beskriver ventilasjonsforhold i et brannrom (114):

$$O = A_v \times ((H_v)^{0.5}/A_t)$$

Her benevner A_v arealet av vindusåpning [m^2], H_v benevner høyden til vindusåpning [m], og A_t er det totale arealet [10] av omhylningsflatene. Høy verdi på åpningsfaktor tilsvarer mye ventilasjon, og dermed også høy temperatur og raskt brannforløp. For sykehusavdeling antas en åpningsfaktor på 0,04, som gir en lignende tid-temperaturkurve som standard tid-temperaturkurven angitt i ISO 834 (114).

Avkjølingsfase(del 6) (113):

I avkjølingsfasen synker varmeavgivelsen til brannen på grunn av mangel på brennbart materiale. Denne fasen blir definert som inntruffet når gjennomsnittstemperaturen har falt til 80 % av maksimalverdi.



Figur 41 Brannutvikling (115)

Håndberegninger benyttes også til å gjøre overslagsberegninger i forhold til varighet av brannforløp og tid til overtenning. Formlene for er hentet fra Drysdale(2002) (113) og Buchanan (1998) (114).

6.2 Evakueringsberegninger

For å utføre evakueringsberegninger brukes håndberegninger som tar utgangspunkt i statistiske verdier og resultater fra referanserapporter. Referanserapporter er SINTEF rapportene *Effekt av sprinkler i flerbukshaller og sykehjem* (90), *Effekt av boligsprinkler i omsorgsbolig* (61) og *Risikoanalyse av et bo- og servicesenter*. (116), som beskriver metoder for å gjennomføre evakueringsberegninger for omsorgsboliger og sykehjem.

Evakueringsberegningene i denne oppgaven tar utgangspunkt i disse framgangsmetodene da slike bygninger har sammenlignbare evakueringsforhold som sykehusdelinger.

Formelverk for evakueringsberegning og statistiske evakueringstider hentes fra hentes fra SINTEF Byggforsk blad 520.385 (117), samt svenske forskningsrapporter av Frantzich; *Fire safety risk analysis of a health care facility* (118) og *Tid for utrymning vid brand* (119).

Evakuering fra bygninger deles inn i ulike faser. Disse fasene er (117):

1. *Deteksjon:*

Deteksjonstid kan deles i tre faser; oppdagelsestid, varslingstid og sansingstid. Oppdagelsestid er tid fra brannstart til brannen oppdages. Varslingstid er tid fra brannen oppdages til den varsles. Sansningstid er tid fra brannen varsles til noen reagerer gjennom å starte evakuering.

2. *Reaksjon:*

Reaksjonstid defineres som tid fra brannen er sanset til rømningsforflytning starter. Denne tiden er svært avhengig av god informasjon fra brannalarmanlegget og personer i bygningen, samt førligheten, våkenheten og brannvernkompetansen til de som befinner seg i bygget. Reaksjonstid deles inn i fortolkningstid og beslutningstid. Fortolkningstid er tid som brukes for å erkjenne at det er brann i bygningen, og vurdere handling. Beslutningstid er tid som brukes til å velge rømningsvei og forberede forflytning.

3. *Forflytning:*

Tid personer i bygget bruker på å forflytte seg til sikkert sted.

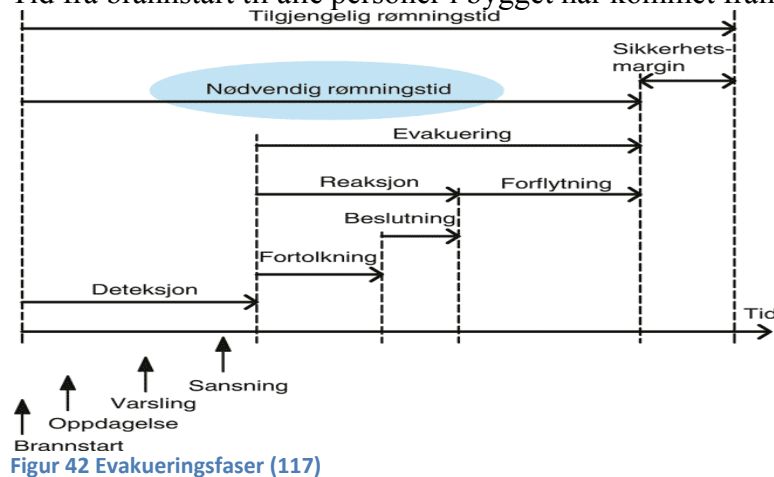
Sikker evakuering av bygninger forutsetter en sikkerhetsmargin mellom tilgjengelig rømningstid og nødvendig rømningstid (117).

Tilgjengelig rømningstid:

Tid fra brannstart til tålegrensen for mennesker i bygget overskrides i forhold til temperatur og giftighet.

Nødvendig rømningstid:

Tid fra brannstart til alle personer i bygget har kommet fram til sikkert sted.



Figur 42 Evakueringsfaser (117)

6.3 Risikoanalyse

For å utføre en forenklet risikoanalyse av en sykehusavdeling er risikoanalyseverktøyet BSV-Vård benyttet. BSV-vård: *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar* (120) er en indeksmetode for å vurdere brannsikkerheten i sykehus og pleieinstitusjoner. Metoden er et risikoanalyseverktøy utviklet ved Lunds tekniska högskola i Sverige, og beskrevet i rapporten: *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar: Ett riskanalysverktyg* (101). BSV-vård brukes for å bestemme den relative sikkerheten ved ulike avdelinger, men ikke hele bygg. Verktøyet er også anvendelig som prosjekteringsjekkliste og hjelpemiddel ved branntilsyn.

Metoden er bygd opp rundt 26 ulike tiltak/forhold som på ulike måter påvirker brannsikkerheten i en pleieavdeling. Enkelte tiltak /forhold har i tillegg ulike underpreferanser som for eksempel utdanningsnivå på personaler, innsatstid for brannvesen og forholdet mellom antall pasienter og antall helsepersonell. Ved brannteknisk gjennomgang av avdelingen, bedømmes hvert tiltak/forhold ut fra en poengmal som beskriver deres branntekniske egenskaper. Poengsummen for hvert tiltak/forhold vektet ut fra hvilken betydning det har for den totale brannsikkerheten (101), og resulterer i en brannsikkerhetsindeks(BSI). BSI beskriver da den totale sikkerheten til avdelingen(sikkerhet definert i avsn.5.1). Høy BSI-indeks innebærer at avdelingen antas å ha høy sikkerhet.

BSV-vård har delt de 26 tiltakene/forholdene inn i et hierarkisk system. Tabell 14 viser hvordan disse vektet i forhold til hverandre. De tiltak/forhold som er viktigst for høy brannsikkerhet, er de som blir vektet høyest. De fire høyest vektete i BSV-vård er (101):

- Personell
- Løs innredning
- Drift og vedlikehold
- Pasienter

De ulike tiltak/forhold knyttes opp mot fire sikkerhetsstrategier:

- Forhindre at brann oppstår
- Begrense spredning av brann og branngasser
- Evakuering
- Slokking

Tabell 14 Vekting av tiltak/forhold i BSV-vård(økt med faktor på 1000) (101)

Komponent	Vikt	Komponent	Vikt
Personal	127	Utrymningsvägar	28
Lös inredning	80	Gångavstånd till utrymningsväg	27
Drift och underhåll	77	Våning ovan mark	26
Patient	65	Ytskikt i tak	26
Brandsläckningsutrustning	59	Brandcellsgräns i bjälklag	26
Larmstyrka på sjukhuset	55	Dörr till utrymningsväg	23
Sprinkler	54	Ventilationssystem	19
Fasta riskkällor	49	Ytskikt på väggarna	19
Automatiskt brandlarm	43	Brandcellsgräns i vägg	19
Räddningstjänstens insats	42	Geometrisk utformning	16
Interna dörrar och väggar	32	Vägledande markeringar	16
Utrymningslarm	31	Nödbelysning	6
Rökevakuing	29	Hiss som utrymningsväg	6

BSV- vård er anbefalt brukt for å vurdere generelle sykehusavdelinger, og bør ikke brukes for å vurdere brannsikkerhet i spesialavdelinger som operasjonsavdeling eller intensivavdeling. Metoden beskriver brannsikkerheten i en enkelt avdeling, og ikke total sikkerhet for hele bygget.

Resultatet av analysen er en brannsikkerhetsindeks(BSI-indeks), i form av en relativ tallverdi. Dette gir mulighet til å vurdere ulike branntekniske løsninger og ulike avdelingstyper opp mot hverandre. En begrensning er imidlertid at de ulike tiltakene/forholdene i varierende grad er kvantifiserbare ved hjelp av tilgjengelig statistikk og beregningsmetoder. Dette åpner for subjektive vurderinger som ikke alltid er pålitelige (34).

7 Analyse av brannsikkerhet i sykehusavdeling

I dette kapittelet gjennomføres en forenklet analyse av brannsikkerheten i en gitt medisinsk avdeling i et sykehus, undersøke hvilke konsekvenser en brann kan få for pasienter og ansatte. Det vil spesielt fokuseres på konsekvenser for korridorpasienter ved brann. Analysen består av beregning av brann- og røykspredning, evakueringsberegning og bestemmelse av risiko ved hjelp av risikoanalyseverktøy. For underlag, forutsetninger og antagelser se vedlegg 10.5.

7.1 Analyseobjektet – medisinsk sykehusavdeling

Analyseobjektet er en gitt medisinsk avdeling i sykehus, som skal representere en typisk norsk sykehusavdeling med korridorpasienter. Det velges en medisinsk avdeling fordi korridorpasienter forekommer hyppig i denne type avdeling (8). Alle forhold i avdelingen er valgt på bakgrunn av besøk og omvisning på en medisinsk avdeling ved et eldre sykehus i Norge, samt beskrivelse av lignende bygningsforhold i tidligere utførte analyser (118).

7.1.1 Utforming

Utformingen til den analyserte avdelingen baseres på faktiske forhold i henhold til plantegninger av besøkt avdeling. Romgeometrien forenkles noe, da beregningsprogrammet CFAST kun tillater rektangulære rom for å gjennomføre beregninger. Underlag for valgt utforming presenteres i vedlegg (10.5.1).

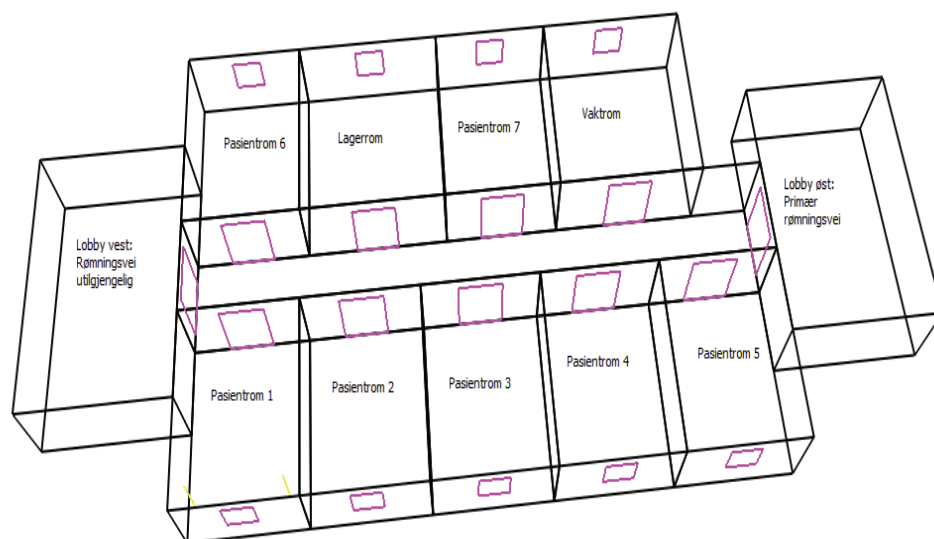
Undersøkt avdeling er en medisinsk avdeling i et eldre sykehus i Norge. Sykehuset er et enkeltstående bygg oppført i betong. Avdelingen er plassert i en fløy i 4. etasje, og har utforming som en 30m lang enkeltkorridor med tilgrensende pasientrom på hver side. Korridoren består av to deler med lengde på henholdsvis 20m og 10m, adskilt med E30-C røykskillende dør. Denne analysen avgrenses til å undersøke seksjonen på 20m

Alle pasientrom har et vindu på 1m x 1m, og dør på 1,5m x 2m direkte til korridor. Rommene er utformet for maksimalt 4 pasienter per rom. Vegger og tak er kledd med gipsplater, og golvet er kledd med golvbelegg på betongunderlag.

Avdelingen har følgende utforming:

Del	l x b x h (m)	Areal (m ²)	Tak og vegger	Golv
Pasientrom	4 x 5 x 2,4	20	Gipskledning på betong	Betong
Korridor	20 x 2.5 x 2,4	50	Gipskledning på betong	Betong
Lobby/trapperom	5 x 7 x 2,4	35	Gipskledning på betong	Betong

Avdelingens planløsning:



Figur 43 Utforming sykehusavdeling

7.1.2 Brannteknisk

Avdelingen har følgende branntekniske forhold:

Faktor	Spesifikasjon
Bæreevne bygningsdeler	R 120
Branncelle	EI 30
Brannseksjon	REI 90
Dører	EI 30-C
Tak og vegger	Gipskledning på betongunderlag
Golv	Golvbelegg på betongunderlag
Brannalarmanlegg	Heldekkende, adresserbart, direktevarsling brannvesen
Sprinkler	Usprinklet
Ledesystem	Heldekkende
Brannvesen	Kort innsatstid(<5min), god tilgjengelighet, kontinuerlig beredskap(4mannskap, 1 befal), stigeledning installert
Heis	Ikke brannheis
Trapperom øst	Enkelt,trykksatt trapperom tilknyttet lobby og heiser. Brannseksjonskille mot avdelingen.
Trapperom vest	Enkelt,trykksatt trapperom tilknyttet lobby og heiser. Branncellebegrensende skille mot avdelingen.

Hele bygget har adresserbart brannalarmanlegg(røykdetektorer) med direktevarsling til brannvesen. Ved utløsning av en enkelt detektor vil det være en 3 minutters forsinkelse før

direktevarsling til brannvesen skjer. Hvert pasientrom og lagerrom har røykdetektor. Varsel kommer i form av talemelding og lydsignal. Korridoren har røykdetektorer jevnt fordelt i hele lengden. Røykdetektorene vil ha følgende spesifikasjoner (105):

- Aktiveringstemperatur: 60°C
- RTI: 100 ($m^{0,5} s^{0,5}$)

Avdelingen er, som hele sykehuset usprinklet. Virkning av heldekkende sprinkleranlegg vil imidlertid undersøkes i analysen. Dette anlegget vil ha følgende spesifikasjoner (105):

- Aktiveringstemperatur: 68°C
- RTI verdi: 35 ($m^{0,5} s^{0,5}$)
- Spraytetthet: $7 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Sprinklerhodet som først løses ut antas å være plassert rett over brannen.
- Ett sprinklerhode på hvert pasientrom.
- Sprinklerhode med mellomrom på 3m i korridor.

Mekanisk ventilasjonsanlegget antas å gå de 5 første minuttene fra brannstart, for så å bli avslått. Effekten av ventilasjonsanlegget forutsettes å ha effekt på 300 m³/h(0.083m³/s) fra ovenstående etasje(utenfra) til pasientrom og korridor.

7.1.3 Rømningsveier

Fra korridor finnes det to uavhengige rømningsveier. Den ene fører østover til enkelt, trykksatt trapperom i avgrenset lobby, plassert i annen brannseksjon. Denne rømningsveien muliggjør horisontal evakuering til sikkert sted, og fungerer som primær rømningsvei. Den andre rømningsveien fører vestover til enkelt trykksatt trapperom som er tilknyttet en lobby med branncellebegrensende skille mot avdelingen. Denne rømningsveien antas å være utilgjengelig på grunn av røkspredning i denne analysen.

Korridoren i gjeldende avdeling er trang, og gir begrenset framkommelighet ved evakuering. Mye løst inventar som stoler, traller og lignende er plassert i korridor. Avdelingen har også korridorpasienter. De ansatte jobber kontinuerlig for å opprettholde frie rømningsveier, men sliter med plassmangel. På enkelte steder i korridoren må inventar flyttes før en pasientseng kan passere fritt. Fri bredde er 2m.

Tålegrenser for personer under rømning

Tålegrenser for personer under rømning settes i henhold til NS3901 (121) til:

Tabell 15 Tålegrenser ved rømning (121)

Varmestråling	
Intensitet under 6 sekunder	10 kW/m ²
Samlet strålingsenergi	60 kJ/m ² pluss energi fra 1kW/m ²
Gasstemperatur	60 °C
Innhold av gasser	
CO	maks 2000 ppm

CO ₂	maks 5 %
O ₂	min. 15 %
Sikt i 2 meters høyde	
I startbranncelle	min. 3 m
I rømningsvei	min. 10 m

Personer antas å utsettes for røyksjiktet og kritiske forhold når høyde på luftsjiktet i rommet synker til 1,5m, tilsvarende et røyksjikt med tykkelse 0,9m.

7.1.4 Pasienter og pleiere

Avdelingen har personale på jobb hele døgnet. På dagtid er 12 ansatte på jobb, under kveldsskiftet er 6 ansatte på jobb, mens det kun er 2 på nattevakt. Ved brann er det faste rutiner for bistand fra andre avdelinger. Alle ansatte har gjennomført praktisk og teoretisk brannvernopplæring, som blant annet innebærer evakueringsrutiner og bruk av brannslange og håndsløkkeapparat. Brannvernopplæringen gjennomføres internt og i samarbeid med brannvesen. Avdelingen har også faste rutiner for rapportering og lukking av brannsikkerhetsavvik. Det er totalforbud mot bruk av levende lys ved hele sykehuset. Brannøvelse arrangeres 2 ganger per år.

Antall pasienter på pasientrom er normalt mellom 20 og 24 pasienter. Pasientene har varierende førlighet og mobilitet, men antas og kreve assistanse ved evakuering. Det forekommer korridorpasienter på avdelingen, høyeste registrerte antall er 7. Normalt er det mellom 1 og 2 korridorpasienter på avdelingen, da det er opprettet en bufferkapasitet på 1 pasient per pasientrom.

7.1.5 Brannscenarier

En rekke ulike brannscenarier kan inntreffe ved brann i en sykehusavdeling, illustrert av figur 44(Frantzich).

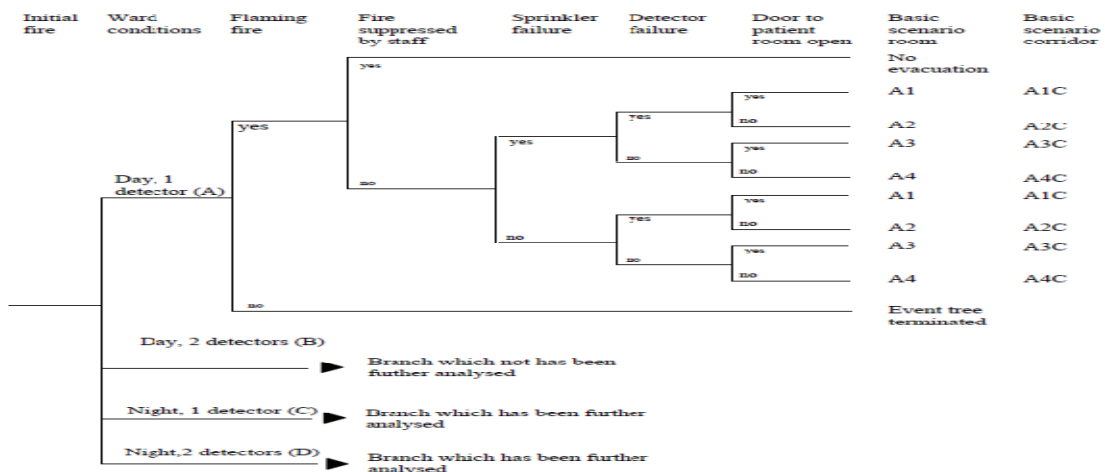


Figure 3. Illustration of the event tree used for the fire safety calculations.

Asleep	Need help	Condition
yes	much	7
	little	6
	no	5
	no	3
no	little	2
	no	1

Figur 44 Brannscenarier (118)

I denne analysen er følgende brannscenarier valgt:

1. Brann i pasientrom1, i enden av avdelingen. Brannstart i pasientseng, flammebrann.
2. Brann i korridor. Brannstart i sofa, flammebrann.

Disse scenariene velges fordi de vil utgjøre størst fare for korridorpasienter. Brann i pasientrom i enden av avdelingen vil gjøre vestre rømningsvei utilgjengelig.

Variierende forhold/tiltak vil være:

- Sprinkler: effekt av sprinklet avdeling.
- Dør mellom korridor og pasientrom: åpen og lukket tilstand.
- Tid på døgnet: dag - og nattbemanning på henholdsvis 2 og 11 ansatte.
- Pasienter: sovende og våkne. Alle pasienter antas å ha behov for assistanse ved evakuering.

Andre forutsetninger:

- Brannalarmanlegg antas å fungere under hele brannen.
- Brannen sløkkes ikke av personalet.
- Avdelingen har 3 korridorpasienter og ellers 21 pasienter fordelt på 7 pasientrom. Totalt 24 pasienter.
- Alle øvrige dører enn dør til/fra brannrom antas å være lukket og røyktette. Dør mellom pasientrom 1 og korridor antas å ha en åpningsfraksjon på 1 % i lukket tilstand for å ta høyde for røyklekkasje.
- Temperatur innendørs lik 20°C, utendørs temperatur lik 10°C.
- Varighet CFAST- simuleringer: 60 min.

7.2 Brann- og røykspredning

Brann og røykspredning beregnes ved bruk av programmet CFAST. Inngangsdata baseres på faktiske forhold ved avdelingen, samt data fra forskningsrapporter hvor lignende analyser gjennomføres (se kapittel 6.1).

7.2.1 Brannspesifikasjoner

Brannspesifikasjoner for CFAST beregninger:

- NS-EN 1991 angir gjennomsnittlig spesifikk brannenergi per golvareal for rom i sykehus lik: $q_{f,k} = 230 \text{ MJ/m}^2$. Total brannenergi i pasientrom og korridor er da henholdsvis 4600 MJ og 11500 MJ.
- Brannobjekt i pasientrom er en madrass og omslag i pasientseng: 378 MJ brannenergi per seng. Brann i pasientrom begrenses til 2 pasientsenger, hvor pasientseng nummer to antennes når temperauren i brannrommet er 200°C. Maksimal flammehøyde lik 2,3m.
- Brannobjekt i korridor er en sofa (stoppet) tilsvarende: 2722 MJ brannenergi. Maksimal flammehøyde lik 3,5m.

- Vindu i brannrom forventes å knuse etter 300 sekunder, ved røykgasstemperatur på ca. 340°C (Babrauskas) (61).
- Brannforløpet foregår som flammebrann. Glødebrann ikke beregnet.
- I scenarier med sprinklet avdeling, utløses sprinkler etter ca. 2,5 min. i alle simuleringene.

7.2.2 Resultater- brannsimulering

Grafisk framstilling av beregningsresultater fra CFAST simuleringer vist i vedlegg 10.7.

Usprinklet avdeling, brann i pasientrom, åpen dør

Brann i pasientseng i pasientrom 1 med fullt åpen dør. Resultater for brannrom og korridor:

Pasientrom 1:

- Røykdetektor i brannrom aktiveres etter 30 sekunder.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater er 7,5 kW/m². Verdien overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10kW/m².
- Maksimal varmeavgivelse: 735kW.
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 20 sekunder i øvre røyksjikt, og etter 10,5 min. i nedre røyksjikt.
- Tydelig temperaturfall etter 300 sek., når vindu i brannrom knuser.
- Kritisk O₂ konsentrasjon etter ca. 12 min.
- Tålegrenser for CO og CO₂ overskrides ikke.
- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 8 minutter. Etter 10 min. er høyden på luftsjiktet 1m.
- Ikke overtenning.

Korridor:

- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater er 0,6 kW/m². Verdien overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10kW/m².
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 9,8 minutter i øvre røyksjikt, og etter 26 minutter i nedre røyksjikt.
- Tydelig temperaturfall etter 300 sek., når vindu i brannrom knuser.
- Høyde på luftsjiktet 1,5 m etter 5 min. Etter 11 min. er korridoren helt fylt med røyk.
- Kritisk O₂ konsentrasjon etter 17 min.
- Tålegrenser for CO og CO₂ overskrides ikke.
- Ikke overtenning.

Røykspredning fra pasientrom til korridor. Begge pasientsenger antenner, men fører ikke til brannspredning til korridoren.

Usprinklet avdeling, brann i pasientrom, lukket dør

Brann i pasientseng i pasientrom 1 med lukket dør. Dør mellom korridor og pasientrom 1 har åpningsfaktor på 1 %. Resultater for brannrom og korridor.

Pasientrom:

- Røykdetektor i brannrom aktiveres etter 30 sekunder.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater er $13,4 \text{ kW/m}^2$ etter 26 min. Verdien overskrider tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10 kW/m^2 .
- Maksimal varmeavgivelse: 732kW.
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 20 sekunder i øvre røyksjikt, og etter 10,5 min. i nedre røyksjikt.
- Tydelig temperaturfall etter 300 sek., når vindu i brannrom knuser.
- Kritisk O_2 konsentrasjon etter ca. 10 min.
- Tålegrense for CO konsentrasjon overskrides ikke(1800 ppm). Tålegrense CO_2 konsentrasjon overskrides etter 14 min.
- Høyde på luftsikt 1,5 m etter 1,5 min. Etter 4 min. er høyden på luftsiktet 1m.
- Røykgasstemperatur på 500°C i taket etter 26 min., mulighet for overtenning.

Korridor:

- Tålegrense for temperatur overskrides ikke.
- Tydelig temperaturfall etter 300 sek., når vindu i brannrom knuser.
- Høyde luftsikt 1,8m etter 5 min.
- Tålegrenser for O_2 , CO og CO_2 overskrides ikke.
- Ikke overtenning.

Begrenset røykspredning fra pasientrom til korridor. Begge pasientsenger antenner, men fører ikke til brannspredning til korridoren.

Usprinklet avdeling, brann i korridor, dører til pasientrom lukket

Brann i stoppet sofa midt i korridor. Dører fra korridor til pasientrom er lukket. Dør mellom korridor og pasientrom 1 har åpningsfaktor på 1 %. Vindu i pasientrom antas å ikke knuse. Resultater for korridor og pasientrom 1:

Korridor

- Røykdetektor i korridor aktiveres etter 40 sekunder.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater er $6,8 \text{ kW/m}^2$. Verdien overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10 kW/m^2 .
- Maksimal varmeavgivelse fra sofa: 1400kW.
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 40 sek. i øvre røyksjikt, og etter 3 min. i nedre røyksjikt.
- Kritisk O_2 konsentrasjon etter ca. 3 min.
- Tålegrense for CO overskrides etter 4 min. Tålegrense for CO_2 overskrides etter 3,5 min.
- Høyde på luftsikt 1,5 m etter 2 minutter. Etter 3 min. er høyden på luftsiktet 1m.
- Ikke overtenning.

Pasientrom 1:

- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater er 1 kW/m^2 . Verdien overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10 kW/m^2 .
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 3,5 min. i øvre røyksjikt, verdien antas ikke som dimensjonerende pga. usikkerhet knyttet til simuleringen av røyklekkasje til pasientrommet. Det er grunn til å knytte usikkerhet til verdiene for røykfylling og temperatur i pasientrommet ved brann i korridor. Det virker usannsynlig at kritiske forhold skal inntreffe på under 5 min. i pasientrommet når døren er lukket med en åpningsfaktor på 1% . Overskrides ikke i nedre røyksjikt.
- Kritisk O_2 konsentrasjon etter ca. 12 min.
- Tålegrense for CO overskrides ikke. Tålegrense for CO_2 overskrides etter 18,5 min.
- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 4 minutter. Etter 10 min. er høyden på luftsjiktet 1m.
- Ikke overtenning.

Brann- og røykspredning fra korridor til pasientrom 1. Korridoren og pasientrom 1 fylles helt med røyk.

Sprinklet avdeling, brann i korridor, dører til pasientrom lukket

Brann i stoppet sofa midt i korridor. Dører fra korridor til pasientrom er lukket. Dør mellom korridor og pasientrom 1 har åpningsfaktor på 1 %. Vindu i pasientrom knuser ikke.

Resultater for korridor og pasientrom 1:

Korridor

- Røykdetektor i korridor aktiveres etter 40 sekunder.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater er $1,6 \text{ kW/m}^2$. Verdien overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10 kW/m^2 .
- Maksimal varmeavgivelse: 450kW.
- Maksimal flammehøyde begrenses til 1,5m.
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 50 sek. i øvre røyksjikt, og etter 4,5 min. i nedre røyksjikt.
- Kritisk O_2 konsentrasjon etter ca. 7 min.
- Tålegrense for CO overskrides ikke. Tålegrense for CO_2 overskrides etter 7min.
- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 2 minutter. Etter 3,8 min. er høyden på luftsjiktet 1m.
- Ikke overtenning.

Pasientrom 1:

- Sprinkler ikke utløst.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10 kW/m^2 .
- Tålegrense for temperatur overskrides ikke.
- Kritisk O_2 konsentrasjon overskrides ikke.
- Tålegrense for CO og CO_2 overskrides ikke.
- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 5,5 minutter. Etter 12,5 min. er høyden på luftsjiktet 1m.
- Ikke overtenning.

Begrenset røykspredning fra korridor til pasientrom 1. Korridoren og pasientrom 1 fylles helt med røyk. Røykgasstemperatur og varmeavgivelse kontrolleres av sprinkleranlegget.

Sprinklet avdeling, brann i pasientrom, åpen dør

Brann i pasientseng i pasientrom 1 med fullt åpen dør. Vindu i pasientrom knuser ikke. Resultater for brannrom og korridor:

Pasientrom 1:

- Røykdetektor i korridor aktiveres etter 30 sekunder.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på $10\text{kW}/\text{m}^2$.
- Maksimal varmeavgivelse: 53kW.
- Maksimal flammehøyde 0,3m. Brann begrenses til 1 pasientseng.
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 20 sek. i øvre røyksjikt. Overskrides ikke i nedre røyksjikt.
- Tydelig temperaturfall etter 3 min.
- Kritisk O_2 konsentrasjon overskrides ikke.
- Tålegrense for O_2 , CO og CO_2 overskrides ikke.
- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 23 min.
- Ikke overtenning.

Korridor

- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på $10\text{kW}/\text{m}^2$.
- Tålegrense for temperatur overskrides ikke.
- Tydelig temperaturfall etter 4 min.
- Tålegrense for O_2 , CO og CO_2 overskrides ikke.
- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 6,3 min. Etter 11,5 min. er høyden på luftsjiktet 1m.
- Ikke overtenning.

Røykspredning fra pasientrom1 til korridor. Røykgasstemperatur og varmeavgivelse kontrolleres av sprinkler. Korridor fylles med røyk.

Sprinklet avdeling, brann i pasientrom, lukket dør

Brann i pasientseng i pasientrom 1 med lukket dør med åpningsfaktor på 1 %. Vindu i pasientrom knuser ikke. Resultater for brannrom og korridor:

Pasientrom 1:

- Røykdetektor i korridor aktiveres etter 20 sekunder.
- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på $10\text{kW}/\text{m}^2$.
- Maksimal varmeavgivelse: 53kW.
- Maksimal flammehøyde 0,3m. Brann begrenses til 1 pasientseng.
- Tålegrense for temperatur overskrides i løpet av 20 sek. i øvre røyksjikt. Overskrides ikke i nedre røyksjikt.
- Tydelig temperaturfall etter 3 min.
- Kritisk O_2 konsentrasjon overskrides ikke.
- Tålegrense for O_2 , CO og CO_2 overskrides ikke.

- Høyde på luftsjikt 1,5 m etter 1,6 min.
- Ikke overtenning.

Korridor

- Maksimalverdi for strålingsfluks til omhylningsflater overskrider ikke tålegrense for kortvarig(6 sekunder) varmestråling ved rømning på 10kW/m².
- Tålegrense for temperatur overskrides ikke.
- Tydelig temperaturfall etter 3 min.
- Tålegrense for O₂, CO og CO₂ overskrides ikke.
- Høyde på luftsjikt ikke lavere enn 1,5m.
- Ikke overtenning.

Begrenset røykspredning fra pasientrom1 til korridor. Røykgasstemperatur og varmeavgivelse kontrolleres av sprinkler.

Oppsummering- brannsimuleringer

Brannsimuleringer i CFAST viser at kritiske forhold kan forekomme raskt ved brann i pasientrom og korridor. Tabell 16 viser tid til kritiske forhold inntreffer med hensyn til høyde på luftsjikt for de ulike brannscenariene. Når høyde på luftsjiktet under røyklaget har 1,5m tykkelse fra gulvet, anses dette som kritiske forhold for rømning. Dersom tålegrense for temperatur overskrides samtidig, indikeres dette med: + temperatur.

Tabell 16 Tid til kritiske forhold

Scenario	Kritiske forhold- høyde luftsjikt	
	Pasientrom 1	Korridor
<i>Usprinklet:</i>		
Brann pasientrom/åpen dør	8 min + temperatur	5 min
Brann pasientrom/lukket dør	1,5 min	Ikke kritiske forhold
Brann korridor/lukket dør	4 min	2 min + temperatur
<i>Sprinklet:</i>		
Brann korridor/lukket dør	5,5 min	2 min
Brann pasientrom/åpen dør	23 min	6,3 min
Brann pasientrom/lukket dør	1,6 min	Ikke kritiske forhold

Brann i pasientrom

Ved brann i usprinklet pasientrom vil det forekomme betydelig røykspredning til korridoren dersom døren står åpen, og gi kritiske forhold der etter 5 min. Samtidig vil åpen dør forsinke tid til kritiske forhold i brannrommet med 6,5 min. i forhold til lukket dør.

Dersom døren til pasientrommet er lukket vil det ikke forekomme kritiske forhold i korridoren, men kritisk høyde på luftsjikt i brannrom vil inntreffe etter 1,5 min. Røykgasstemperatur når ca. 500°C etter ca. 26 min., som kan gi fare for overtenning.

Ved brann i pasientrom vil sprinkler begrense brannen til en pasientseng, og samtidig forsinke/hindre kritiske forhold i korridoren. Sprinkler gir vesentlig lavere røykgasstemperaturer, samt lavere varmeavgivelse i alle brannsimuleringene. Kritiske forhold

med hensyn til røyk og temperatur vil imidlertid inntreffe før sprinkler aktiveres og kontrollerer brannen, dersom døren til pasientrommet er lukket. Brannen foregår som flammebrann i pasientseng. Pasienten som ligger i- eller befinner seg i nærheten av antent pasientseng kan dermed utsettes for direkte kontakt med flamme og pådra seg brannskader før evakuering iverksettes eller sprinkler utløses.

Brann i korridor

Ved sofabrann i usprinklet korridor vil kritiske forhold inntreffe etter 2 min, og etter 4 min i pasientrom 1 som følge av røyklekkasje.

Ved sofabrann i sprinklet korridor vil kritiske forhold inntreffe etter 2 min, og etter 5,5 min i pasientrom 1 som følge av røyklekkasje. Røykgasstemperatur vil være nesten halvvvert i forhold til usprinklet avdeling. Kritiske forhold med hensyn til røykfylling vil imidlertid inntreffe i korridor før sprinkler aktiveres(etter ca. 2 min.) og kontrollerer brannen. Kritiske forhold med hensyn til tempertur vil ikke overskrides.

Sprinkler/ lukket dør

Sprinkler i pasientrom og korridor kontrollerer de undersøkte brannforløpene med hensyn til temperatur og brannvekst. Dette forbedrer forholdene ved evakuering av pasienter, og er bidrar til å øke tilgjengelig evakueringstid. I kombinasjon med lukkede dører mellom korridor og pasientrom unngås kritiske forhold i tilgrensende rom til brannrommet.

Kritiske forhold vil imidlertid inntreffe før sprinkleranlegget utløses. Ved brann i pasientseng kan pasienten få brannskader før sprinkler løser ut (90) og evakuering blir iverksatt, da brannforløpet foregår som flammebrann med rask og høy varmeavgivelse. Det samme kan skje dersom en korridorpatient er plassert i nærheten av sofabrannen.

7.3 Evakuering

Evakueringsberegninger baseres på resultater og metode fra SINTEF- rapporten "*Effekt av sprinkler i flerbrukshaller og sykehjem*" av Mostue (90). Her gjennomføres en evakueringsberegning av et sykehjem, som representerer lignende forhold som ved gjeldende sykehusavdeling. Benyttet kilde i SINTEF rapporten er blant annet Frantzich(1997) (105).

7.3.1 Evakueringsrutine

Første evakueringsfase av avdelingen undersøkes. Det vil si evakuering av pasienter østover fra pasientrom og korridor, til trapperomlobby i annen brannseksjon. Vestre rømningsvei antas å være utilgjengelig. Det befinner seg 3 pasienter per pasientrom, og 3 pasienter i korridoren.

Ved brann i pasientrom vil pasientene i brannrommet evakueres først, deretter vil korridor pasientene evakueres. Alle pasienter i pasientrom har behov for assistanse fra 2 personell ved evakuering. Forflytning foregår ved å bære/slepe madrassen pasienten ligger på.

Ved brann i korridor vil korridorpatientene evakueres først. Korridorpatientene forflyttes i pasientseng, og har behov for assistanse fra 1 ansatt.

Korridoren i gjeldende avdeling er trang, og gir begrenset framkommelighet ved evakuering. Mye løst inventar som stoler, traller og lignende er plassert i korridor. Avdelingen har også 3 korridorpatienter. De ansatte jobber kontinuerlig for å opprettholde frie rømningsveier, men

sliter med plassmangel. På enkelte steder i korridoren må inventar flyttes før en pasientseng kan passere fritt. Fri bredde er 2m. Løst inventar i korridoren kan føre til forlenget evakueringsstid. Dette er ikke tatt hensyn til i denne beregningen, men vil kunne være avgjørende dersom sikkerhetsfaktoren mellom tilgjengelig- og nødvendig rømningstid er lav i analyseobjektet. Evakueringsberegningen forutsetter at pasientene evakueres uten assistanse fra personale i andre avdelinger.

7.3.2 Inngangsdata evakueringsberegning

Nødvendig evakueringsstid kan beskrives som (90):

$$\text{Evakueringsstid} = \text{deteksjonstid} + \text{reaksjonstid} + \text{forflytningstid}$$

Pleietrengende pasienter er avhengig av forberedelse før forflytning. Dette må tas hensyn til ved evakuering. Tid til forberedelse er avhengig av hvor pleietrengende pasienten er, og om pasienten sover eller er våken (105). Evakueringsberegningene baseres på følgende formel (90):

$$\text{Forflytningstid} = t_{\text{ansatt}} + (t_{\text{forberede}} + t_{\text{pasient}}) (N_{\text{pasienter}} / N_{\text{ansatte}})$$

Parametrene er som følger (90):

- t_{ansatt} : forflytningstid for personalet fram til pasient
- $t_{\text{forberede}}$: nødvendig tid for å forberede pasient for evakuering, inkludert forflytningstid fra pasientrom til korridor.
- t_{pasient} : forflytningstid i korridor.
- $N_{\text{pasienter}}$: antall pasienter som må evakueres.
- N_{ansatte} : antall ansatte i avdelingen.

Forflytningstid(F_{kd}) for korridorpasienter på dagtid kan beskrives som (90):

$$F_{kd} = t_{\text{ansatt}} + t_{\text{forberede}} + t_{\text{pasient}}, N_{\text{ansatte}} > N_{\text{pasienter}}$$

Forflytningstid(F_{pd}) for pasienter i pasientrom på dagtid kan beskrives som (90):

$$F_{pd} = t_{\text{ansatt}} + (t_{\text{forberede}} + t_{\text{pasient}}) (N_{\text{pasienter}} / 0,5 * N_{\text{ansatte}}), N_{\text{ansatte}} > N_{\text{pasienter}}$$

Forflytningstid(F_{kn}) for korridorpasienter på natt kan beskrives som (90):

$$F_{kn} = (t_{\text{ansatt}} + t_{\text{forberede}} + t_{\text{pasient}}) 2, \text{ evakuering må gjennomføres i 2 runder.}$$

Forflytningstid(F_{pn}) for pasienter i pasientrom på natt kan beskrives som (90):

$$F_{pn} = (t_{\text{ansatt}} + t_{\text{forberede}} + t_{\text{pasient}}) (N_{\text{pasienter}}), \text{ evakuering må gjennomføres i 3 runder.}$$

Inngangsdata for evakueringsberegninger (90):

Deteksjonstid

Brannalarmanlegget aktiveres 30 sekunder etter brannstart.

Reaksjonstid

Reaksjonstid for personalet ved brannalarm med lydsignal og talemelding er i Byggforskblad 520.385 estimert til 1 minutt (117). I denne analysen antas reaksjonstid på 15 sekunder, da korridoren er oversiktlig, og personalet har gjennomført brannvernopplæring.

Forflytningshastigheter

Forflytningshastigheter for pasienter og personale:

-Personale: forflytningshastighet frem til pasienter: 1,3 m/s (117)

-Forflytning av pasienter på madrass: 0,5 m/s (90)

-Forflytning av pasient i pasientseng: 1 m/s (antagelse)

Forberedelsestid

Tid til å forberede pasient og flytte pasienten ut av pasientrommet Frantzich(1997) (105). Alle pasienter antas å ha stort behov for hjelp:

-Våkne pasienter: 15 sekunder

-Sovende pasienter: 30 sekunder.

Forflytningsavstander:

Pasienter i brannrom må forflyttes 20m til sikkert sted i annen brannseksjon.

Korridorpatientene er plassert jevnt i hele korridoren. Det antas at alle må transporteres 15m.

Personalet antas å forflytte seg 20m for å nå frem til pasientrom, og 15m for å nå frem til korridorpatientene.

7.3.3 Beregninger og resultater

Nødvendig tid til evakuering av pasienter i avdelingen presenteres i det etterfølgende.

Nødvendig evakueringstid beregnes for dagtid og natt. Dagtid antas alle pasientene å være våkne. På natt antas alle pasientene å sove. Bemanningen ved avdelingen på dagtid og natt er henholdsvis 12 og 2. Skade på pasienter som følge av åpen ild kan imidlertid inntreffe før evakuering iverksettes. Forflytningstider på dagtid og natt, for pasienter i brannrom og korridorpatienter:

Tabell 17 Forflytningstider ved evakuering av avdelingen

Pasienter i brannrom						
Tid	Forflytning til pasient	Forberedelsestid	Forflytningstid korridor	Antall pasienter	Antall ansatte	Total forflytningstid
Dag	15s	15s	40s	3	6	$(15+15+40)*(3/3)$ =70s
Natt	15s	30s	40s	3	2	$(40+30+15)*3 = 255$ s

Korridorpasienter						
Tid	Forflytning til pasient	Forberedelsestid	Forflytningstid korridor	Antall pasienter	Antall ansatte	Total forflytningstid
Dag	11s	15s	15s	3	6	(11+15+15) =41 s
Natt	11s	30s	15s	3	2	(11+30+15)*2 = 112 s

Brann i pasientrom 1

På dagtid vil 6 av personalet begynne evakuering av brannrommet, mens 6 personell simultant vil begynne evakuering av korridorpatientene. På natt vil de 2 ansatte først evakuere brannrommet, for deretter å evakuere korridorpatientene.

Nødvendig evakueringstid for alle 6 pasienter blir da:

Tabell 18 Nødvendig evakueringstid pasientrombrann

Brann pasientrom	Deteksjonstid	Reaksjonstid	Forflytningstid	Nødvendig evakueringstid
Dag	30 s	15 s	70 s	115s / 2 min
Natt	30 s	15 s	255 s + 112s	412s / 7 min

Ved brann i pasientrom vil nødvendig evakueringstid på dag og natt være henholdsvis 2 min. og 7 min. Det innebærer en forskjell på 5 min. nødvendig evakueringstid forutsatt at evakueringen utføres av personalet ved gjeldende avdeling, uten assistanse fra personell i andre avdelinger.

På dagtid vil evakueringen av brannrommet og korridorpatientene være simultan. Korridorpatientene vil dermed flyttes til sikkert sted før kritiske forhold inntreffer i alle undersøkte scenarier for brann i pasientrom.

Usprinklet avdeling, åpen dør:

På dagtid vil alle pasientene kunne evakueres før kritiske forhold oppstår i brannrom og korridor. På natt er nødvendig rømningstid for alle 6 pasienter 7 min. Kritiske forhold vil inntreffe i korridoren etter 5 min. Korridorpatientene kan derfor utsettes for kritiske forhold.

Usprinklet avdeling, lukket dør:

Kritiske forhold vil inntreffe etter 1,5 min. i brannrom, men inntreffer ikke i korridor. På dagtid overskrider dermed nødvendig rømningstid den tilgjengelige rømningstiden med 0,5 min. Pasientskader i pasientrommet som følge av brann kan dermed ikke utelukkes.

På natt vil det ta 5 min. å evakuere pasientene i brannrommet. I dette scenariet overskrider nødvendig rømningstid den tilgjengelige rømningstid, som kan innebære fare for pasientene. Pasientene i pasientrommet kunne alternativt evakueres ut av rommet først, og deretter ut av korridoren. Med 2 personell ville nødvendig tid til evakuering av pasientene ut til korridoren vært:

$$30s(\text{deteksjon}) + 15s(\text{reaksjon}) + 15s(\text{forflytning}) + 3*(30s) (\text{forberedelsestid}) = 2,5 \text{ min.}$$

Pasientene ville også da kunne utsettes for kritiske forhold i pasientrommet.

Sprinklet avdeling:

Sprinkler vil forbedre evakueringsforholdene vesentlig, og øke sikkerheten til pasientene ved evakuering dersom evakueringstiden skulle forlenges av uframkommelighet i korridoren eller lignende forhold. Kritiske tilstander kan imidlertid forekomme i både pasientrom (med lukket dør) og korridor før sprinkler utløses og kontrollerer brannen.

Ved brann i pasientrom med åpen dør vil pasientene i pasientrommet kunne evakueres før kritiske forhold inntreffer både på dagtid og natt. Korridorpatientene vil imidlertid kunne utsettes for kritiske forhold etter 6,3 min. på natt.

Brann i korridor

På dagtid vil 6 av personalet begynne evakuering av korridorpatientene, mens 6 personell simultant vil begynne evakuering av pasientrom 1. På natt vil de 2 ansatte først evakuere korridorpatientene, for deretter å evakuere pasientrom 1.

Nødvendig evakueringstid for alle pasienter 6 pasienter blir da:

Tabell 19 Nødvendig evakueringstid korridorbrann

Brann korridor	Deteksjonstid	Reaksjonstid	Forflytningstid	Nødvendig evakueringstid
Dag	30 s	15 s	70s	115s / 2 min
Natt	30 s	15 s	112s + 255s	412s / 7 min

Usprinklet avdeling:

I usprinklet avdeling vil det forekomme kritiske forhold i korridoren etter 2 min. I pasientrom 1 vil kritiske forhold inntreffe etter 4 min. som følge av røyklekkasje. På dagtid vil korridorpatientene evakueres til sikkert sted etter 1,5 min fra brannstart, og unngå kritiske forhold.

På natt vil personalet bruke 2,5 min fra brannstart til å evakuere alle korridorpatientene. Nødvendig rømningstid overskrider da tilgjengelig rømningstid, og korridorpatientene kan dermed utsettes for livstruende forhold.

Pasientene i pasientrom 1 vil kunne evakueres før kritiske forhold inntreffer på dagtid. Disse pasientene vil likevel utsettes for kritiske forhold når de evakueres gjennom den røykfylte korridoren. På natt vil pasientene kunne utsettes for kritiske forhold før de blir evakuert, da korridorpatientene evakueres først.

Sprinklet avdeling:

I sprinklet avdeling vil det kunne forekomme kritiske forhold i korridoren etter 2 min., før sprinkler aktiveres og kontrollerer brannen. På dagtid vil alle pasientene kunne evakueres før kritiske forhold oppstår, men uten sikkerhetsmargin for uforutsette hendelser og forsinkelser i evakueringen.

På natt vil nødvendig rømningstid overskride tilgjengelig rømningstid for både korridorpatienter og evakuering av pasientrom. Når sprinkler utløser vil brannen kontrolleres, og gi langt lavere røykgasstemperatur enn ved usprinklet avdeling. Dette vil forbedre forholdene med hensyn til temperatur/varmestråling under evakuering av pasientrommet, samt øke sikkerheten derom det skulle oppstå forsinkelser i evakueringen av korridorpatientene.

Forhold som kan forlenge nødvendig evakueringstid

Forhold og hendelser kan forlenge nødvendig rømningstid, og dermed føre til at evakuerende i avdelingen utsettes for kritiske omgivelser før de når sikkert sted. Dersom sikkerhetsmarginene mellom tilgjengelig rømningstid og tilgjengelig rømningstid er mindre enn 1 min., kan slike forhold være utslagsgivende for sikkerheten til evakuerende pasienter og personale:

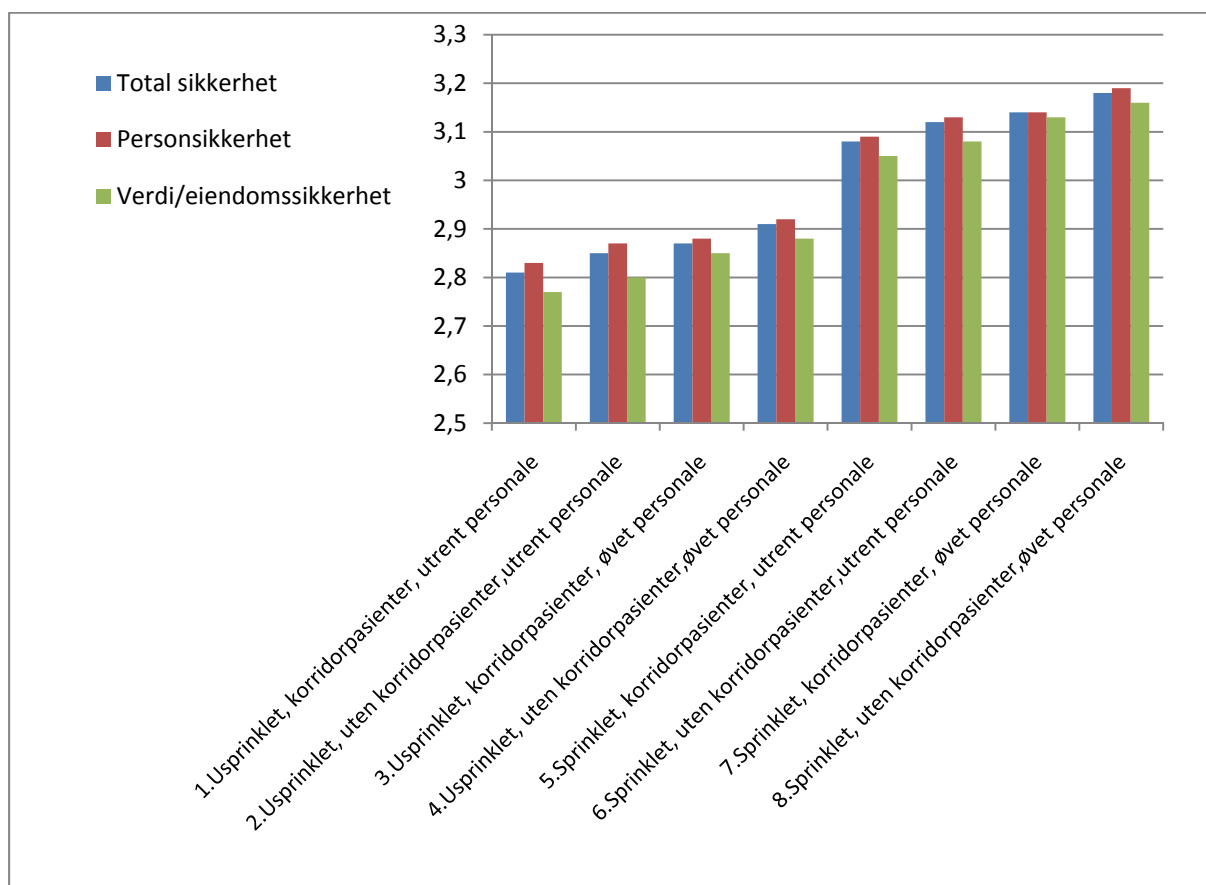
- Sengeliggende pasienter må forberedes på forflytning før evakuering kan iverksettes. Nødvendig tid til forberedelse er avhengig av allmenntilstanden til pasienten, og kan derfor overskride tabellerte verdier benyttet i denne analysen. Skulle komplikasjoner inntreffe kan nødvendig tid til forberedelse trolig fordobles i forhold til tider benyttet i denne analysen.
- Løst inventar og pasienter plassert i korridor reduserer fri bredde i korridoren, og er dermed et hinder for fri rømningsvei. Løst inventar i sykehusavdelinger er typisk traller, møbler, pasientsenger o.l. Disse gjenstandene plasseres i korridoren på grunn av plassmangel. Dette kan forlenge nødvendig rømningstid da gjenstander og korridorpasienter må flyttes før andre pasienter kan forflyttes fritt i korridoren. Forlenget evakueringstid grunnet slike forhold er ikke beregnet i denne analysen, men må antas å kunne være av betydning for sikkerheten til pasientene dersom det er små sikkerhetsmarginer mellom tilgjengelig- og nødvendig evakueringstid. Dette gjelder spesielt på natt, da bemanningen tilgjengelig for førsteinnsats er lav.
- Sprinkleranlegg vil kjøle ned brann/røykgasser. Røyken vil da synke ned mot golvet og gi dårlig sikt under evakuering. Dette kan forlenge evakueringstiden. Simuleringene utført med CFAST simulerer ikke denne effekten.

7.4 Risikoanalyse- BSV-vård

For å bedømme den generelle brannsikkerheten i avdelingen gjennomføres en risikoanalyse med risikoanalyseverktøyet BSV-vård. BSV-vård er gratis tilgjengelig fra Lunds Universitet, enten som excel-fil eller eget program (120). Programmet angir sikkerhetsnivået til avdelingen i form av en BSI-indeks utgjort av bidrag fra ulike brannsikkerhetstiltak, samt betydningen av forhold ved avdelingen med hensyn til blant annet korridorpasienter, personale, utforming, brannvesen osv. BSV-vård gir muligheten til å vurdere hvilken betydning ulike tiltak/forhold har med hensyn til den totale brannsikkerheten og i forhold til andre tiltak/forhold. Se vedlegg 10.6 for oversikt over alle vurderte forhold ved avdelingen.

Som grunnlag for analysen brukes informasjon om faktiske forhold etter omvisning i avdelingen, samt intervju med ansatte og ansvarlig brannvesen. Hvert tiltak/forhold gis en representativ vektet tallverdi mellom 0 og 5 etter betydning/bidrag for brannsikkerheten. Høy tallverdi betyr høy sikkerhetsgevinst for gjeldende tiltak/forhold. En BSI-indeks på 2,8 indikerer at en avdeling har tilfredsstillende brannsikkerhet i forhold til fastsatt vektning av branntekniske tiltak/forhold i BSV-vård (101).

Analysen ga følgende resultater for aktuell avdeling(se tabell i vedlegg 10.6):



Figur 45 BSI-indeks for undersøkt sykehusavdeling(BSV-vård)

Ved beregning av BSI-indeks for avdelingen blir enkelte forhold variert for å undersøke betydningen disse har for brannsikkerheten. Disse er:

- Sprinkler
- Korridorpasienter
- Brannvernopplæring til personalet: øvet personale/utrent personale

Alle andre forhold ble holdt konstant. Søylegruppe 3(usprinklet, korridorpasienter, øvet personale) viser faktiske forhold ved avdelingen, med total brannsikkerhetsindeks(BSI) på 2,87, personssikkerhetsindeks på 2,88 og verdissikkerhet på 2,85. BSI-verdien er høyere enn 2,8 som i henhold til BSV-vård er minstekravet for akseptabel BSI, og kan dermed antas å ha et tilfredsstillende brannsikkerhetsnivå. Dersom avdelingen ikke hadde hatt korridorpasienter ville total BSI-verdi økt til 2,91. BSI-verdien for avdelingen øker dermed med 0,04 dersom korridorpasientene fjernes.

Søylegruppe 1 og 3 viser betydningen av at sykehuspersonellet har gjennomført både praktisk og teoretisk brannvernopplæring. Dersom avdelingen skulle ha utrent personale ville den totale brannsikkerhetsindeksen sunket til 2,81. Samtidig ville verdi/eiendomssikkerhetsindeksen sunket til 2,77 som tilsvarer utilstrekkelig brannsikkerhet.

Dersom gitt avdeling sprinkles vil BSV-resultatet vært som søylegruppe 7(sprinklet, korridorpasienter, øvet personale), med total BSI-verdi på 3,14. Dette gir en forbedret brannsikkerhetsindeks på 0,27.

BSV-analysen illustrerer at brannsikkerheten til sykehusavdelingen har et klart forbedringspotensial. Sprinkling og fjerning av korridorpasienter gir i henhold til BSV-vård en klart høyere brannsikkerhet i avdelingen, illustrert med søylegruppe 8 med total brannsikkerhetsverdi på 3,18.

8 Diskusjon

8.1 Brannsikkerhet i sykehus

Brann i sykehus kan være spesielt kritisk fordi mange av pasientene ikke vil være i stand til å evakuere uten hjelp fra andre. Slike bygninger prosjekteres etter risikoklasse 6 i *Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven*, § 7-22. *Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn* klassifiserer sykehus som særskilte brannobjekter, og muliggjør i forskriftens § 2-1 skjerpede branntekniske krav for eldre sykehusbygg oppført i henhold til tidligere regelverk og byggetillatelser.

Brannlovgivningene i Norge, Sverige og Danmark er svært like, og har kun et fåtall forskjeller. Lover og forskrifter i alle landene har implementert EU-direktiver for brannvern, noe som gjenspeiles i like funksjonsbaserte forskriftskrav for brannsikkerhet. Veiledningstekstene for myndighetenes ytelsesnivåer er imidlertid utformet noe forskjellig. Størst forskjell i lovgivningene finnes i hvilke krav som stilles til oppgradering av eldre bygg oppført etter gamle byggeforskrifter. Den svenske og danske brannlovgivningen har ikke tilbakevirkende kraft, mens det i Norge gjennom FOBTOT § 2-1 stilles krav til oppgradering av eldre bebyggelse til samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger, innen økonomisk og praktisk forsvarlig ramme. Dette tilsvarer i praksis brannsikkerhetskrav i dagens TEK og VTEK, men kravet hjemles i hovedsak kun for bygninger med særskilte mangler i brannsikkerheten. Hva ”samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger” innebærer, er ikke formulert i forskriften. Dette er et problem når brannsikkerheten i eldre bygg skal dokumenteres ved analyse, da det ikke finnes en norm på hva som kvantitativt er akseptabelt brannsikkerhetsnivå. Hva som er innenfor praktisk og økonomisk forsvarlig ramme for oppgradering av brannsikkerhet er heller ikke definert i forskriften, og åpner for ulik praktisering av forskriftskravene blant prosjekterende samt internt- og på tvers av kommuner. Dette er et problem når brannsikkerheten i sykehus skal dokumenteres.

De branntekniske ytelsesnivåene i VTEK beskriver løsninger som skal gi et minimum brannsikkerhetsnivå, men angir ikke nøyaktig hvilket brannsikkerhetsnivå som oppnås. Når løsningene i VTEK fravikes ved nybygging, må det på annen måte dokumenteres at valgte løsninger tilfredsstiller de funksjonskrav TEK stiller for brannsikkerhet. Funksjonskravene i TEK er imidlertid vanskelige å omforme til målbare/kvantifiserbare akseptkriterier. Dette gir grunn til å tro at norske sykehus i dag har varierende brannsikkerhet med hensyn til tekniske løsninger. Det være seg forskjeller i utforming, rømningsveier, aktive- og passive brannsikkerhetstiltak. Myndighetene er imidlertid i gang med å utarbeide en regelverksendring i FOBTOT som skal tre i kraft i 2011. Her vil ukklarhetene i § 2-1 bli behandlet.

Brannvesenet fører årlige branntilsyn i alle sykehus etter FOBTOT og internkontrollforskriften. Både tekniske og organisatoriske brannsikkerhetstiltak kontrolleres, og tilsynet er et effektivt tiltak for å gjøre sykehusene oppmerksomme- og fokuserte på brannsikkerhet. Uklare forskriftskrav gjør imidlertid at tilsynene kan føres på ulike premisser, og dermed føre til variasjonen i omfang av tekniske- og organisatoriske brannsikkerhetstiltak i sykehusbygg.

I liten spørreundersøkelse(utsendt av forfatter) svarer brannvesen i Molde, Bergen og Trondheim at brannvernopplæring av ansatte og brannøvelser i stor grad er gjennomført i sykehus.

På spørsmål om hva brannvesenet vurderer som de største problemene/utfordringene med hensyn til brannsikkerhet i sykehus nevnes følgende forhold:

- Brannvernopplæring og øvelser for vikarer og nyansatte.
- Frie og ryddige rømningsveier.
- Dokumentering av brannsikkerhetstiltak.
- Lav bemanning på nattevakter.
- Evakuering av sengeliggende pasienter.
- Manglende brannskiller i eldre sykehusbygg.
- Systematisk arbeid med internkontroll av brannsikkerhet.
- Korridorpasienter.

Disse problemstillingene viser at tilsyn fra brannvesenet avdekker avvik i både tekniske og organisatoriske brannsikkerhetstiltak i sykehus. Brannvernopplæring, dokumentasjon av brannsikkerhetstiltak samt systematisk internkontroll av brannsikkerhet er organisatoriske tiltak sykehusene kan iverksette uten at det krever store ressurser for sykehusene. Slike avvik skyldes derfor trolig mangel på vilje og organisering framfor manglende ressurser. Å etablere rutiner for forebyggende brannvernarbeid er derfor svært viktig, da konsekvensene ved fravær av slike tiltak kan bli alvorlige ved brann i sykehus.

Det kan imidlertid være store forskjeller i fokus på organisatorisk brannsikkerhet mellom ulike avdelinger og sykehus. Sykehus inneholder avdelinger som har store ulikheter i både arbeidsoppgaver og pasientbelastning. Dette gjør det vanskelig å etablere detaljerte og universelle føringer for hvordan det organisatoriske brannvernarbeidet skal utføres. Brannsikkerhetsarbeidet må derfor tilpasses den enkelte avdeling, noe som er avhengig av god oppfølging fra brannvesenet samt aktive og engasjerte brannvernledere. Tekniske brannsikkerhetstiltak kan ikke alltid veie opp for manglende organisatoriske tiltak i sykehus. I en brann/evakueringssituasjon stilles de ansatte ovenfor store utfordringer. Det er da kritisk at de har gode brannvernrutiner, samt god forståelse av brann som fenomen.

Brannmyndigheters og forskningsmiljøers undersøkelser av kjente branner i sykehus og pleieinstitusjoner, viser at brannene har fått størst konsekvenser i antall omkomne der personalet ikke har gjennomført brannvernopplæring, eller kjenner branninstruksen til bygget. Rasjonell og rask innsats fra personalet er avhengig av gjennomført brannvernopplæring og brannøvelser, og at branninstruksen i bygget er kjent for alle.

Automatisk og adresserbart brannalarmanlegg med direktevarsling til brannvesenet gir rask varsling og deteksjon avbrannen, samt rask innsats fra brannvesenet. Adresserbare brannalarmanlegg kan betydelig redusere tiden til brannrommet blir oppdaget, da det ved alarm blir oppgitt hvilken brannmelder som har blitt utløst. Uten adresserbart brannanlegg må personalet søke gjennom hele bygget til de finner brannen, og kan ta dyrebar tid. Det er i dag krav om adresserbart brannalarmanlegg i alle sykehus (122).

I de fleste nevnte sykehjem(avsnitt 4.2.1) var det ikke montert automatisk sprinkleranlegg. DSBs granskningsrapport etter brannen i Sveio Omsorgssenter, konkluderer med at sprinkleranlegg er det eneste tiltaket kunne forebygget og slokket brannen, uten innsats fra personalet. Brannene har i flere av de nevnte tilfellene oppstått på pasientrom grunnet bar ild. Pasientene er da alene bak lukket dør, uten konstant overvåkning fra personalet. Med montert automatisk sprinkleranlegg kunne trolig flere av disse brannforløpene vært unngått.

8.2 Preaksepterte løsninger

De preaksepterte løsningene for sykehusbygg i Norge, Sverige og Danmark har også store likheter. Dette gjelder spesielt i krav til ytelse med hensyn til bærende bygningsdeler, bygningsmaterialer, branncelleinndeling, høye bygninger og tilrettelegging for redningsmannskaper.

I forhold til evakuering/rømningsveier og krav til branntekniske tiltak har Norge strengere krav til utforming og tekniske løsninger. VTEK krever at sykehus < 8 etasjer må ha minst to trapperom type Tr 2. Fra 01.07.2010 krever ny byggeteknisk forskrift at sykehus i risikoklasse 6 må ha installert automatisk slokkeanlegg. Alle tre land har imidlertid krav om tilgang til 2 uavhengige rømningsveier fra utgang fra branncelle i alle etasjer. I Sverige er ikke automatisk slokkeanlegg et spesifikt krav i preaksepterte løsninger i sykehus. Danmark krever automatisk slokkeanlegg i sykehus på mer enn 1 etasje eller med soveromsareal større enn 1000m².

VTEK krever at sykehus deles i minst 2 brannseksjoner for å muliggjøre horisontal evakuering ved brann. Samme strategi nevnes i svenske BBR, men er ikke påpekt spesifikt i danske BR08. Mulighet for horisontal evakuering til sikkert sted er en viktig forutsetning ved evakuering av sykehusavdelinger med pleietrengende/sengeliggende pasienter.

Myndighetskravet i ny byggeteknisk forskrift om automatisk slokkeanlegg i bygninger i risikoklasse 6, synes å være et godt tiltak for å bedre brannsikkerheten i sykehus. Spesielt gjelder dette eldre sykehusbygg med kombinasjoner av trange rømningsveier, høy personbelastning, korridorpasienter og svake brannskiller, da sprinkler vil øke tilgjengelig evakueringstid ved å begrense/ slokke branntilløp. Kravet om sprinkleranlegg i sykehus bør derfor hjemles også for eldre sykehusbygg gjennom § 2-1 i FOBTOT.

8.3 Brannstatistikk

Brannstatistikken for somatiske sykehus og somatiske spesialsykehus viser en svak økning i antall branntilfeller mellom periodene 1999-2003 og 2004-2008. Perioden 1999-2003 hadde et gjennomsnitt på 10 branner per år, mens det i perioden 2004-2008 gjennomsnittlig var 12 branner per år. Totalt var det 117 bygningsbranner i sykehus mellom 1999 og 2009, og gjennomsnittlig 11 branner per år.

Den vanligste brannårsaken i sykehus er elektrisk årsak, som utgjør ca. 28 % av innmeldte brannårsaker i sykehus. Av de elektriske brannårsakene er postene ”annet”, ”termostatsvikt” og ”serielysbue” de hyppigste. Dette er brannårsaker som er vanskelig å oppdage og forebygge med organisatoriske tiltak, og som må belages på jevnlig sakkyndig kontroll med elektrisk utstyr. Det at elektriske brannårsaker er de hyppigste i sykehus, kan tyde at sykehusene er flinke til å håndtere og forebygge andre vanlige brannårsaker som bar ild og feil bruk av elektrisk utstyr.

Bar ild og påsatte branner utgjør henholdsvis 24 % og 16 % av innmeldte brannårsaker i sykehus. Påsatte branner er trolig et problem i psykiatriske sykehus, hvor pasienter kan sette fyr på inventar som madrasser og sengetøy. Av brannårsakene som skyldes bar ild, er postene ”røyking”, ”fyrstikker/fyrtøy” og ”annet” de hyppigste. Statistikken viser at levende lys ikke er en like hyppig brannårsak i sykehus, som i sykehjem. Dette kan skyldes strengere kontroll og oppsyn i sykehus, samt totalforbud mot levende lys ved enkelte sykehus.

Forebyggende brannvernarbeid rettet mot bar ild vil trolig bedre brannsikkerheten i sykehus. Dette kan blant annet gjøres ved å ha strengere oppsyn ved røyking, samt forby all bruk av levende lys. Videre kan skjerpet kontroll/oppsyn med bruk av elektriske apparater(tildekking/tørrkoking) kunne utgjøre en forskjell for å forebygge brann.

Statistikken viser videre:

- De siste 5 årene har det vært en jevnt minkende døgnbasert pasientbelastning i norske sykehus. Samtidig har dagbasert pasientbehandling økt.
- I somatiske sykehus er antall årsverk redusert i perioden 2005-2008, tilsvarende 1328 årsverk.
- Det er en nedadgående trend i antall bygningsbranner i helse- og sosialtjenesten på landsbasis.
- Hovedandelen av brannene i helse- og sosialtjenesten oppstår i pleieinstitusjoner. Dette kan delvis forklares med at antall døgnsengeplasser totalt er vesentlig høyere i pleieinstitusjoner enn i sykehus. I perioden 2004-2008 har imidlertid gjennomsnittlig antall branner per år økt i sykehus, mens det tilsvarende har sunket i sykehjem og andre pleieinstitusjoner.
- Befolkningsgruppen over 70 år har 4 ganger høyere dødsbrannhyppighet enn resten av befolkningen. 20-40% av omkomne i brann er 70 år eller eldre. Dette skyldes forhold som blant annet nedsatt førlighet, reaksjonsevne og evne til å evakuere eller slokke brann.
- Av de nordiske landene er Sverige og Danmark de landene som har flest branner i helse- og sosialtjenesten, og samtidig flest branner per innbygger i perioden 2005-2008. Norge og Finland færrest branner, og også færrest branner per innbygger. I hvilken grad dette skyldes forskjeller i lovgivning, tekniske eller organisatoriske forhold er usikkert.

8.4 Korridorpasienter

Korridorpasienter er et vedvarende medisinsk- og brannteknisk problem i norske sykehus. Dette til tross for at Helse- og omsorgsdepartementet opererer med hovedregel at helseregionen ikke skal ha korridorpasienter (7). Selv om antall korridorpasienter i somatiske sykehus har hatt en positiv utvikling de siste årene, var det i 2. tert. 2009 registrert totalt ca. 160 korridorpasienter per dag i norske sykehus. Samtidig har det de siste 5 årene vært en jevn nedgang i antall døgnsengeplasser og gjennomsnittlig liggetid i sykehus.

Antall korridorpasienter vil kunne variere mellom ulike avdelinger og sengeposter, samt gjennom døgn og perioder. Undersøkelser viser at korridorpasienter forekommer hyppigst i avdelinger med et høyt antall øyeblikkelig hjelp innleggelser, særlig indremedisinske avdelinger.

Både Helsedirektoratet og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB) anser korridorpasienter som et stort sikkerhetsproblem ved brann og evakuering i sykehus. Direktoratene nevner følgende problemstillinger[(10), (9)]:

- *”Pasientseng i evakueringsområde er et alvorlig sikkerhetsmessig avvik, jf. brannforskriften og internkontrollforskriften.*

- *Antall pasienter som må evakueres i tidligste fase, øker fordi korridoren blir røykfyllt ved slukke- og redningsinnsats på et pasientrom som er i brann. Dette innebærer også økt risiko for korridorpasientene selv, som også må evakueres i fase 1.*
- *Senger i rømningsveien øker faren for brann.*
- *Senger i rømningsveien er et hinder for evakuering av andre pasienter.*
- *Senger i korridoren vil gi plassproblemer ved evakuering av pasienter fra andre områder. Det forutsettes at pasienter som evakueres skal ha midlertidig opphold i andre korridorer.”*

Helsedirektoratet angir omfang av korridorpasienter i norske sykehus som en av 11 kvalitetsindikatorer for spesialhelsetjenesten (11). Kvalitetsindikatorer brukes som indirekte mål på kvaliteten til tjenestetilbudet i spesialhelsetjenesten. I tillegg til de brannsikkerhetsmessige utfordringene med korridorpasienter, kommer utfordringen med å sikre kvaliteten på pasientbehandlingen (9):

- *”behandlingsplass i korridor er et hinder for ivaretagelse av pasientenes integritet og alminnelig verdighet.*
- *behandlingsplass i korridor er til hinder for ivaretagelse av lovpålagt taushetsplikt, jf. Lov om helsepersonell.*
- *behandlingsplass i korridor er til hinder for god behandling og pleie.”*

Statistikken(avsnitt 3.1.4.1) viser at det er korridorpasienter i de fleste sykehus. Myndighetene har gjennom mange år gjennomført tiltak for å få slutt på problemet, men uten å finne en endelig løsning. Årsakene til korridorpasientproblemet kan være både kapasitetssituasjon, helsesektorens ressurser, samt incentiver fra sykehusledelse og helsepersonell (12).

Mangel på sengeplasser i sykehjem og andre pleieinstitusjoner kan også være en medvirkende årsak til fortsatt korridorpasienter i sykehus. Ferdigbehandlede pasienter med pleiebehov blir derfor ofte værende i sykehus, da kommunale institusjoner ikke har kapasitet til å ta imot flere pasienter/beboere. Det er også eksempler på at sykehus strenger sengeposter under ferieavvikling, og plasserer pasienter i korridoren. Dermed har sykehuset korridorpasienter samtidig som pasientrom står tomme og ubrukte.

Korridorpasienter i sykehus skyldes en rekke faktorer, de fleste med en økonomisk fellesnevner. Sykehusene sparer penger på å ha pasienter i korridor, og samtidig benytte sykepleiere i deltidstillinger som ekstravakter. Korridorpasienter er derfor et økonomiproblem da sykehusene får økonomisk gevinst på bekostning av pasienter plassert i korridor, og dermed også et ledelsesproblem. Samtidig kan trolig organisatoriske og økonomiske tiltak fjerne korridorpasienter i mange sykehus (7). Eksempelvis ble problemer med korridorpasienter løst med enkle grep ved medisinsk avdeling ved sykehuset i Ålesund. Korridorpasienter ble satt på dagsorden, og problemet ble prioritert. Dette resulterte i at antall korridorpasienter per år gikk ned fra 1151 i 2006 til 547 i 2009, samtidig som det totale antallet pasienter økte. Iverksatte tiltak var (13):

- Fokus på egne rutiner i forhold til planlegging av pasientforløp.
- Reduksjon i liggetid.
- Flere dagpasienter.
- Overføre pasienter til hotell.

Det finnes flere ulike løsninger på korridorpasientproblemet. Flere sykehus har laget en buffer ved avdelinger ved å gjøre tilpasninger slik at et rom kan ta imot en person ekstra ved behov. Et annet tiltak er å opprette rutiner for å plassere pasienter i andre avdelinger med plass og kapasitet til gode (13). Dette gir imidlertid utfordringer i forbindelse med kvaliteten på pasientbehandlingen og ansvarsforhold mellom avdelinger.

Norske pasienters rettigheter er hjemlet i *Lov om pasientrettigheter(Pasientrettighetsloven)* av 1999 (17). Loven sikrer grunnleggende pasientrettigheter i både kommunehelsetjenesten og spesialhelsetjenesten. Viktige rettigheter er (17):

- rett til øyeblikkelig hjelp
- rett til nødvendig helsehjelp
- rett til vurdering av helsetilstand innen 30 dager etter henvisning til sykehus
- rett til raskere vurdering ved mistanke om alvorlig sykdom
- rett til å velge sykehus
- rett til syketransport

Pasientrettighetslovens § 2.1 sikrer pasienter rett til øyeblikkelig hjelp, samt rett til nødvendig helsehjelp i både kommunal- og spesialhelsetjenesten (17). Korridorpasienter i sykehus reguleres av både brannlovgivning og lovverk som gir pasienter rettigheter til øyeblikkelig hjelp. Disse lovverkene kommer i konflikt når pasienter plasseres i korridor og hindrer frie rømningsveier i sykehus. Brannvesenet har ved flere anledninger gitt sykehus dagbøter i tilfeller med korridorpasienter, men uten en vedvarende effekt (7), da det er mer økonomiske for sykehusene å betale bøtene enn å åpne en ny sengepost. Det bør derfor legges til rette for at det skal bli økonomiske gunstig for sykehusene å plassere pasientene i pasientrom framfor korridor.

Sykehusets plikt til å gi pasienter behandling og øyeblikkelig hjelp i henhold til Pasientrettighetsloven vurderes som overordnet brannsikringskrav i Brann- og eksplosjonsvernloven(avsnitt 2.2.4) (18). Brannvesenet kan med loven i hånd kreve pasienter fjernet fra korridor i henhold til Brann- og eksplosjonsvernloven, samt hjemle krav om tiltak og planlegging for å fjerne korridorpasienter i henhold til internkontrollforskriften. Kravene blir imidlertid trumfet av pasientenes rettigheter til øyeblikkelig hjelp. Det er derfor nødvendig å etablere klarere myndighetsføringer for hvordan korridorpasientproblemet skal håndteres i forhold til gjeldende brannsikringskrav for sykehus, samt ved nyoppføringer av sykehusbygg.

Korridorpasienter i sykehus synes å være et vedvarende og langvarig problem. Ved oppføring av nye sykehusbygg er det derfor viktig at myndigheter og prosjekterende tar korridorpasientproblematikken på alvor. Spesielt viktig er det å bygge sykehus med nødvendig sengekapasitet, samt tilstrekkelig avdelingsareal for lagring/oppbevaring for å holde korridorene frie for løst inventar. Det er også viktig at sykehusene utnytter all tilgjengelig sengekapasitet i den daglige driften. I eksisterende sykehus må brannsikringskrav i avdelinger med korridorpasienter håndteres av både tekniske og organisatoriske tiltak, som:

- Praktisk og teoretisk brannvernopplæring av alle ansatte.
- Økt nattbemanning.
- Benytte all tilgjengelig sengekapsitet i pasientrom.
- Rutiner for internkontroll av brannsikkerhet.
- Innarbeide evakueringsrutiner og innsatsrutiner.
- Mulighet for horisontal evakuering til sikkert sted i annen brannseksjon.
- Sprinkleranlegg og automatisk brannalarmanlegg.
- Frie rømningsveier.
- Branncellebegrensende vegger og selvlukkende dører.
- Tett samarbeid mellom sykehus og brannvesen.
- Materieell for aktiv innsats fra sykehuspersonell ved brann, brannslanger og håndsløkkeapparat.
- Ledesystem og brannseksjonering.

8.5 Brannsikkerhetsanalyse- sykehusavdeling

I oppgaven gjennomføres en forenklet analyse av brannsikkerheten i en gitt medisinsk avdeling i et sykehus, hvor konsekvenser ved brann undersøkes for pasienter og ansatte. Analysen består av beregning av brann- og røykspredning, evakueringsberegning og bestemmelse av risiko ved hjelp av risikoanalyseverktøy. Analysen er ikke fullstendig, da kun et lite utvalg brannscenarier vurderes.

Brann- og røykspredning

Resultatene for simulering av brann- og røykutvikling baseres på simuleringsprogrammet CFAST 6.1.1. CFAST er et tosonenprogram utarbeidet av NIST, og er gratis tilgjengelig (110). Programmet er en tosonemodell egnet til å beskrive brannforhold som funksjon av tid, ut fra valgt rektangulær romgeometri og inputdata som romdimensjon, materialer, ventilasjon, sprinkler og dimensjonerende brann.

Tosonemodeller bygger på at forbrenningsproduktene fra brannen akkumuleres i et øvre horisontalt lag under taket. Ulike soner deles inn i øvre lag, nedre lag, brann, røyksøyle, utvendig gass og omhylningsflater. Mellom disse sonene beregnes utveksling av masse, energi og kjemiske stoffer. Det øvre laget antas å ha homogene egenskaper

CFAST er et godt validert program. Studier viser at eksperimentell usikkerhet ved CFAST beregninger ligger ca. 30 % i forhold til målte størrelser for temperatur, varmefluks osv (112). CFAST egner seg for å beregne brann- og røykspredning i komplekse bygninger, heller enn detaljerte strømningsforhold i ett rom.

Programmet har imidlertid begrensninger i forhold til (112):

- *Romgeometri:*
Programmet forutsetter enkel rektangulær geometri, men har algoritmer for korridorstrømning. CFAST anses derfor som egnet for å beskrive brannforløp i sykehuskorridor.
- *Varmeavgivelse:*
CFAST beregner ikke varmeavgivelse fra brennende objekter. Varmeavgivelse må derfor angis av bruker, og bør ikke overskride 1MW/m^3 .

- *Stråling:*
Stråling fra brann skjer med forenklet beregningsestimert. Dette begrenser treffsikkerheten til programmets stålingsberegning nær brannkilden.
- *Ventilasjon:*
I ett enkelt rom bør ikke forholdet mellom ventilasjonsarealet som forbinder to rom og volumet til rommet overskride ½ m. Denne begrensingen er knyttet til usikkerhet i beregninger utført i bygninger med store luftlekkasjer.
- *Termiske egenskaper:*
Treffsikkerheten til programmet er avhengig av hvor godt brukeren spesifiserer de termiske egenskapene til romgeometrien. Dette gjenspeiles i størrelsen på gass- og sotakkumulering, samt strålings- og konveksjonsresultater

Utførte brannsimuleringer med CFAST bør derfor underbygges av feltmodeller som FDS og CFD- simuleringer. CFAST simuleringene begrenses også i forhold til forutsetningene gjort for analysen med hensyn til brannobjekter, ventilasjon, og knusing av vindu. Simuleringene tar ikke hensyn til aktiv slokkeinnsats fra personale eller brannvesen.

Resultatene fra CFAST- simuleringene viser at det ved brann i usprinklet pasientrom vil forekomme betydelig røykspredning til korridoren dersom døren står åpen, og gi kritiske forhold der etter 5 min. Samtidig vil åpen dør forsinke tid til kritiske forhold i brannrommet med 6,5 min. i forhold til lukket dør. Dersom døren til pasientrommet er lukket vil det ikke forekomme kritiske forhold i korridoren, men kritisk høyde på luftsjikt i brannrom vil inntreffe etter 1,5 min. Røykgasstemperatur når ca. 500°C etter 26 min., som kan gi fare for overtenning.

Simuleringene viser også at sprinkleranlegg gir vesentlig lavere røykgasstemperaturer, samt lavere varmeavgivelse i alle brannsimuleringene. Sprinkleranlegg vil samtidig bidra til å begrense brannen og dermed forbedre forhold under evakuering av avdelingen. Ved brann i pasientrom vil sprinkler begrense brannen til en pasientseng, og samtidig forsinke/hindre kritiske forhold i korridoren.

Ved sofabrann i usprinklet korridor vil kritiske forhold inntreffe etter 2 min, og etter 4 min i pasientrom 1 (lukket dør) som følge av røyklekkasje. Det er grunn til å knytte usikkerhet til verdiene for røykfylling og temperatur i pasientrommet ved brann i korridor. Det virker usannsynlig at kritiske forhold skal inntreffe på under 5 min. i pasientrommet når døren er lukket med en åpningsfaktor på 1%. CFAST simulerer en forholdsvis rask røykspredning mellom korridor og pasientrom med denne åpningsfaktoren. Disse simuleringene bør derfor valideres med feltmodeller (FDS, CFD).

Ved sofabrann i sprinklet korridor vil kritiske forhold inntreffe etter 2 min, og etter 5,5 min i pasientrom 1 som følge av røyklekkasje. Røykgasstemperatur vil være nesten halvvert i forhold til usprinklet avdeling. Kritiske forhold med hensyn til røykfylling vil imidlertid inntreffe i korridor før sprinkler aktiveres (etter ca. 2,5 min.) og kontrollerer brannen. Kritiske forhold med hensyn til temperatur vil ikke overskrides.

Sprinkler i pasientrom og korridor kontrollerer de undersøkte brannforløpene med hensyn til temperatur og brannvekst. Dette forbedrer forholdene ved evakuering av pasienter, og bidrar til å øke tilgjengelig evakueringstid. Sprinkler vil samtidig forbedre sikkerheten til

korridorpasienter ved brann, da anlegget vil begrense brann- og røykspredning i korridor samt hindre at kritiske temperaturer oppstår. I kombinasjon med lukkede dører mellom korridor og pasientrom, unngås kritiske forhold i tilgrensende rom til brannrommet.

Kritiske forhold vil imidlertid kunne inntreffe før sprinkleranlegget utløses. Ved brann i pasientseng kan pasienten få brannskader før sprinkler løser ut (90) og evakuering blir iverksatt, da brannforløpet foregår som flammebrann med rask og høy varmeavgivelse. Det samme kan skje dersom en korridorpasient er plassert i nærheten av sofabrammen.

Evakuering

Utførte evakueringsberegninger baseres på resultater og metode fra SINTEF- rapporten *"Effekt av sprinkler i flerbrukshaller og sykehjem"* av Mostue (90). Her gjennomføres en evakueringsberegning av et sykehjem, som representerer lignende forhold som ved gjeldende sykehusavdeling. Beregning av nødvendig evakueringstid baseres på tabellerte tidsverdier. Forhold/hindringer som kan forlenge evakueringstiden er ikke implementert i beregningen, og må derfor vurderes i forhold til resultatene. Kun første evakueringsfase er undersøkt.

Evakueringsberegningene viser at nødvendig evakueringstid kan overskride tilgjengelig evakueringstid i flere av de undersøkte scenariene i usprinklet avdeling. Ved brann i pasientrom vil pasientene på dagtid kunne evakueres før kritiske forhold oppstår i brannrom og korridor. På natt er nødvendig rømningstid for alle 6 pasienter 7 min. Kritiske forhold vil inntreffe i korridoren etter 5 min. Korridorpasientene kan derfor utsettes for kritiske forhold.

Ved brann i korridor vil det kunne forekomme kritiske forhold i korridoren etter 2 min., før sprinkler aktiveres og kontrollerer brannen. På dagtid vil alle pasientene kunne evakueres for kritiske forhold oppstår, men med lav sikkerhetsfaktor mellom nødvendig- og tilgjengelig rømningstid.

På natt vil pasientene kunne utsettes for kritiske forhold ved brann i pasientrom/korridor på grunn av forlenget nødvendig evakueringstid.

Avdelingen er spesielt sårbar på nattestid i forhold til brann og evakuering, da det kun er 2 ansatte på vakt. En nattbemanning på 2 personer vil redusere evnen til nødvendig evakuering av pasienter i tidlig brannfase, kan dermed være utslagsgivende for pasientenes sikkerhet ved evakuering av en usprinklet avdeling. Høyere antall personell tilstede vil muliggjøre raskere evakuering, og samtidig gi økt sannsynlighet for deteksjon og sløkking av brann. Rask evakuering i tidlig fase av brannen vil øke sikkerheten til korridorpasienter (105).

Korridorpasienter vil være spesielt utsatt for røykeeksponering i tidlig brannfase. Ved brann i et pasientrom vil døren måtte åpnes for å kunne iverksette sløkkeinnsats, og røyk vil trenge inne i korridoren. Pasienter i andre pasientrom vil være beskyttet mot denne eksponeringen. Avdelinger med korridorpasienter må derfor evakuere flere pasienter i tidlig evakueringsfase for å ivareta pasientenes sikkerhet.

Korridorpasienter er samtidig en følge av overbelegg og plassmangel i sykehuset. Når en avdeling evakuerer horisontalt til tilgrensende avdeling i annen brannseksjon, må det også være plass i denne avdelingen. Dersom avdelingen det evakueres til allerede har fulle korridorer, kan dette være til hinder for en effektiv evakuering. Sykehuspersonellens evne til å ta seg fram i- og manøvrere i korridoren vil forringes, noe som kan resultere i brann- og røykskader grunnet forsinket forflytning av pasienter.

9 Konklusjon

FOBTOT § 2-1 stiller krav til oppgradering av eldre bebyggelse til samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger, innen økonomisk og praktisk forsvarlig ramme. Dette tilsvarer i praksis brannsikkerhetskrav i dagens TEK og VTEK, men kravet hjemles i hovedsak kun for bygninger med særskilte mangler i brannsikkerheten. Hva ”samme sikkerhetsnivå som for nye bygninger” innebærer, er ikke formulert i forskriften. Dette er et problem når brannsikkerheten i eldre bygg skal dokumenteres ved analyse, da det ikke finnes en norm på hva som kvantitativt er akseptabelt brannsikkerhetsnivå. Hva som er innenfor praktisk og økonomisk forsvarlig ramme for oppgradering av brannsikkerhet er heller ikke definert i forskriften, og åpner for ulik praktisering av forskriftskravene blant prosjekterende og kommuner. Det kan derfor være behov for klarere retningslinjer for hvilke krav som gjelder for oppgradering og opprettholdelse av brannsikkerheten i sykehus.

Myndighetskravet i ny byggeteknisk forskrift om automatisk slokkeanlegg i bygninger i risikoklasse 6, synes å være et godt tiltak for å bedre brannsikkerheten i sykehus. Spesielt gjelder dette eldre sykehusbygg med kombinasjoner av trange rømningsveier, høy personbelastning, korridorpasienter og svake brannskillere, da sprinkler vil øke tilgjengelig evakuerings- og slokke tid ved å begrense/ slokke branntilløp. Kravet om sprinkleranlegg i sykehus bør derfor hjemles også for eldre sykehusbygg gjennom § 2-1 i FOBTOT.

Brannlovgivningene i Norge, Sverige og Danmark er svært like, og har kun et fåtall forskjeller. Lover og forskrifter i alle landene har implementert EU-direktiver for brannvern, noe som gjenspeiles i like funksjonsbaserte forskriftskrav for brannsikkerhet.

De branntekniske ytelsesnivåene i VTEK beskriver løsninger som gir et minimum brannsikkerhetsnivå, men angir ikke nøyaktig hvilket brannsikkerhetsnivå som oppnås. Når løsningene i VTEK fravikes ved nybygging, må det på annen måte dokumenteres at valgte løsninger tilfredsstiller de funksjonskrav TEK stiller for brannsikkerhet. Funksjonskravene i TEK er imidlertid vanskelige å omforme til målbare/kvantifiserbare akseptkriterier. Dette gir grunn til å tro at norske sykehus i dag har varierende brannsikkerhet med hensyn til tekniske løsninger.

Korridorpasienter er et vedvarende medisinsk- og brannteknisk problem i norske sykehus. Dette til tross for at Helse- og omsorgsdepartementet opererer med hovedregel at helseregionen ikke skal ha korridorpasienter (7). Selv om antall korridorpasienter i somatiske sykehus har hatt en positiv utvikling de siste årene, var det i 2. tert. 2009 registrert totalt ca. 160 korridorpasienter per dag i norske sykehus. Samtidig har det de siste 5 årene vært en jevn nedgang i antall døgnsegeplasser og gjennomsnittlig liggetid i sykehus.

En utført brannsikkerhetsanalyse av en sykehusavdeling viser at nødvendig evakuerings- og slokke tid kan overskride tilgjengelig evakuerings- og slokke tid i en usprinklet avdeling. Ved brann i korridor vil det kunne forekomme kritiske forhold i korridoren etter 2 min., før sprinkler aktiveres og kontrollerer brannen. På dagtid vil alle pasientene kunne evakueres for kritiske forhold oppstår, men med lav sikkerhetsfaktor mellom nødvendig- og tilgjengelig rømningstid.

På natt vil pasientene kunne utsettes for kritiske forhold ved brann i pasientrom/korridor på grunn av forlenget nødvendig evakueringstid som følge av lav bemanning.

Sprinkler vil forbedre sikkerheten til korridorpasienter ved brann, da anlegget vil begrense brann- og røykspredning i korridor samt hindre at kritiske temperaturer oppstår. I kombinasjon med lukkede dører mellom korridor og pasientrom unngås kritiske forhold i tilgrensende rom til brannrommet.

Avdelingen er spesielt sårbar på nattetid i forhold til brann og evakuering, da det kun er 2 ansatte på vakt. En nattbemanning på 2 personer vil redusere evnen til nødvendig evakuering av pasienter i tidlig brannfase, kan dermed være utslagsgivende for pasientenes sikkerhet ved evakuering av en usprinklet avdeling. Høyere antall personell tilstede vil muliggjøre raskere evakuering, og samtidig gi økt sannsynlighet for deteksjon og sløkking av brann. Rask evakuering i tidlig fase av brannen vil øke sikkerheten til korridorpasienter (105).

Korridorpasienter vil være spesielt utsatt for røykeeksponering i tidlig brannfase. Ved brann i et pasientrom vil døren måtte åpnes for å kunne iverksette sløkkeinnsats, og røyk vil trenge inne i korridoren. Pasienter i andre pasientrom vil være beskyttet mot denne eksponeringen. Avdelinger med korridorpasienter må derfor evakuere flere pasienter i tidlig evakueringsfase for å ivareta pasientenes sikkerhet.

Korridorpasienter er samtidig en følge av overbelegg og plassmangel i sykehuset. Når en avdeling evakuerer horisontalt til tilgrensende avdeling i annen brannseksjon, må det også være plass i denne avdelingen. Dersom avdelingen det evakueres til allerede har fulle korridorer, kan dette være til hinder for en effektiv evakuering. Sykehuspersonellens evne til å ta seg fram i- og manøvrere i korridoren vil forringes, noe som kan resultere i brann- og røykskader grunnet forsinket forflytning av pasienter.

Ved oppføring av nye sykehusbygg er det derfor viktig at myndigheter og prosjekterende tar korridorpasientproblematikken på alvor. Spesielt viktig er det å bygge sykehus med nødvendig sengekapasitet, samt tilstrekkelig avdelingsareal for lagring/oppbevaring for å holde korridorene frie for løst inventar. Det er også viktig at sykehusene utnytter all tilgjengelig sengekapasitet i den daglige driften. I eksisterende sykehus må brannsikkerheten i avdelinger med korridorpasienter håndteres av både tekniske og organisatoriske tiltak.

Brannsikkerheten i sykehus må sikres gjennom:

Brannlovgivning:

- Prosjektering i henhold til entydig brannlovgivning for sykehusbygg i risikoklasse 6.
- Klart definerte krav til oppgradering og opprettholdelse av brannsikkerhet gjennom FOBTOT.
- Prosjektere sykehusbygg med nødvendig sengekapasitet og tilstrekkelig lagringsareal for å unngå at løst inventar oppbevares i korridor.

Tekniske brannsikkerhetstiltak:

- Sprinkleranlegg i nye og eldre sykehus.
- Automatisk og adresserbart brannalarmanlegg med direktevarsling til brannvesen.
- Branncellebegrensning, brannseksjoner og selvlukkende branndører.

- Brannheis og stigeledning.
- Ledesystem og god tilrettelegging for redningsinnsats fra brannvesen.
- Røykventilasjon i trapperom.

Organisatoriske brannsikkerhetstiltak:

- Praktisk og teoretisk brannvernopplæring av alle ansatte.
- Brannøvelser og øvelser som innebærer evakuering av pasienter til sikkert sted.
- Økt nattbemanning.
- Benytte all tilgjengelig sengekapasitet i pasientrom.
- Rutiner for internkontroll av brannsikkerhet.
- Innarbeide evakueringsrutiner og innsatsrutiner for samarbeid mellom avdelinger ved brann og evakuering.
- Mulighet for horisontal evakuering til sikkert sted i annen brannseksjon.
- Frie rømningsveier.
- Branncellebegrensende vegger og selvlukkende dører.
- Tett samarbeid mellom sykehus og brannvesen.
- Materiell for aktiv innsats fra sykehuspersonell ved brann, brannslanger og håndsløkkeapparat.

Sykehuspolitikken med kombinasjonen reduserte sengeposter og økt dagbehandling, gir korridorpasienter i sykehus når pasienter av ulike årsaker ikke kan sendes hjem som planlagt etter behandling. Når sykehusenes sengekapasitet samtidig ikke utnyttes fullt ut for å spare penger, er dette med på ytterligere å forverre korridorpasientproblemet.

Korridorpasienter i sykehus bør forebygges gjennom prosjektering/utforming av sykehusbygg i kombinasjon med organisatoriske tiltak, framfor stadig bøtelegging av sykehusene med kortvarig effekt.

Anbefaling for videre arbeid

I videre arbeid kan det undersøkes i hvilken grad metoder for å kvantifisere brannsikkerhetsnivået i sykehus benyttes i praksis. Dette gjelder både for kommune/stat og prosjekterende av slike bygg.

Dagens norske forskriftskrav åpner for ulike tolkninger av hva som er akseptabelt sikkerhetsnivå. Utarbeidelse av klarere føringer for hva som er akseptabelt sikkerhetsnivå, samt hvilke rammer som gjelder for brannteknisk oppgradering av eldre sykehus/, kunne gi en likere praksis på landsbasis. Dette gjelder både i prosjektering, byggesak og bruksfase.

Det bør gjennomføres fullstendige brannsimuleringer, evakueringsberegninger og risikoanalyser av hele sykehusbygg for å undersøke hvordan brannsikkerheten og brannsikkerhetsrutiner fungerer mellom ulike avdelinger.

Faste føringer for å sikre brannsikkerheten til korridorpasienter bør etableres i sykehus. Samtidig bør det legges til rette for at korridorpasienter unngås i alle sykehus gjennom fysisk utforming av sykehusavdelingene og organisatoriske tiltak.

Bibliografi

1. **Kollegiet for brannfaglig terminologi.** Faguttrykk. [Internett] [Sisert: 06 04 2010.] <http://www.kbt.no/faguttrykk.asp>.
2. **Statistisk Sentralbyrå.** Spesialhelsetjenesten. [Internett] [Sisert: 3 11 2009.] <http://www.ssb.no/emner/03/02/sykehus/>.
3. —. Pleie- og omsorgstjenesten. [Internett] [Sisert: 4 11 2009.] <http://www.ssb.no/ssp/utg/200705/06/>.
4. **Dag Abrahamsen i Statistisk Sentralbyrå (referent til Anne Steen Hansen).** Botilbud innen pleie og omsorg. Definisjoner basert på møter i SSB 15 og 29. mai 2008. [Internett] www.ssb.no/kostra/kommune/referat/botilbud_plo_def_20080616.doc.
5. **Helse- og omsorgsdepartementet.** Sykehus. [Internett] [Sisert: 10 02 2010.]
6. **Helse- og Omsorgsdepartementet, Jordåen Runar.** *Landsvernplan for helsesektoren- Helsebygg i Noreg- ei historisk oversikt.* s.l. : Helse- og Omsorgsdepartementet, 2006.
7. **Norstein, J.** Korridorpatientenes funksjon i norsk sykehusvesen. [Internett] 03 01 2008. [Sisert: 20 02 2010.] http://tidsskriftet.no/index.php?seks_id=1635336#fotnote2.
8. **Fritt Sykehusvalg Norge.** Korridorpasienter somatikk. [Internett] 2005. [Sisert: 20 02 2010.] <http://www.frittSykehusvalg.no/Kvalitet/Forklaring-kvalitetsindikatorer/Fysisk-helse/2117/>.
9. **Helsedirektoratet.** Korridorpasienter-beskrivelse. [Internett] 2009. [Sisert: 15 02 2010.] http://www.helsedirektoratet.no/vp/multimedia/archive/00105/N-001_somatikk_ande_105759a.pdf.
10. **Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (DSB).** Institusjon. [Internett] 2009. [Sisert: 20 10 2009.] <http://www.dsb.no/no/Ansvarsomrader/Brannvern/Instiotsusjon/>.
11. **Helsedirektoratet.** Nasjonale kvalitetsindikatorer. [Internett] 2009. [Sisert: 8 02 2010.] <http://nesstar2.shdir.no/kvalind/>.
12. **Larsen B., Skretting P., Farstad T.** Hvorfor har vi korridorpasienter? [Internett] 20 09 2000. [Sisert: 20 02 2010.] http://tidsskriftet.no/index.php?seks_id=176905.
13. **Helse Midt-Norge.** Flere pasienter - færre på korridoren. [Internett] 2009. [Sisert: 20 04 2010.] http://www.helse-midt.no/templates/StandardMaster___97884.aspx.
14. **Kristiansen, S.** To pasienter i sengen eller en i korridoren? [Internett] 03 01 2008. [Sisert: 15 02 2010.] http://tidsskriftet.no/index.php?seks_id=1634665.
15. **Socialstyrelsen.** Överbeläggnigar. utlokaliserade patienter. *Rapport från en nationell tematisk verksamhetstillsyn.* [Internett] 11 03 2003. [Sisert: 16 02 2010.] http://www.socialstyrelsen.se/Lists/Artikelkatalog/Attachments/10612/2003-109-11_200310911.pdf.
16. **H., Piene.** Ko. *Korridorpasienter – et fenomen som kan unngås?* [Internett] 20 09 2000. [Sisert: 14 02 2010.] http://www.tidsskriftet.no/index.php?seks_id=172027.
17. **Helse- og omsorgsdepartementet.** Lovdata- Lov om pasientrettigheter (pasientrettighetsloven). [Internett] 1999. [Sisert: 25 02 2010.] <http://www.lovdata.no/all/nl-19990702-063.html>.
18. **Arnhus, Anders.** *Personlig meddelelse per e-post.* 23 02 2010.
19. **Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern.** *Forholdet mellom sykehusloven og brannloven, journal nr. 13897.* 1987.
20. **Kommunal-og regionaldepartementet.** EU- og EØS-rettslige rammer for bygningslovgivningen. [Internett] 2003. [Sisert: 15 9 2009.] <http://www.regjeringen.no/nn/dep/krd/Dokument/NOU-ar/2003/nou-2003-24/4/6.html?id=372255>.
21. **Statens Byggetekniske Etat.** Byggevederdirektivet. [Internett] [Sisert: 15 9 2009.] <http://www.be.no/beweb/regler/eu/byggevederdirektiv>.
22. **Statens Byggetekniske Etat.** Basisdokument for Byggevederdirektive. [Internett] [Sisert: 15 9 2009.] <http://www.be.no/beweb/regler/eu/basisdok.html>.
23. **SINTEF Byggforsk.** *Dokumentasjon og kontroll av brannsikkerhet blad 321.025.* s.l. : Byggforsk Kunnskapssysteme, 2003.

24. —. *Lover og regler for bygge- og anleggsbransjen blad 240.005*. s.l. : Byggforsk Kunnskapssystemer, 2004.
25. **Lovdata**. Plan og bygningsloven(1986). [Internett] 1986. [Sisert: 16 9 2009.] <http://www.lovdata.no/all/hl-19850614-077.html>.
26. **Kommunal-og regionaldepartementet** . Lovdata. *Forskrift om krav til byggverk og produkter i byggverk (TEK)*. [Internett] 1997. [Sisert: 16 9 2009.] <http://www.lovdata.no/for/sf/kr/xr-19970122-0033.html>.
27. **Statens Byggetekniske Etat** . Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven(4. utgave) (VTEK). [Internett] 2007. [Sisert: 16 9 2009.] <http://www.be.no/beweb/regler/veil/REN2003/000tekveilinnh.htm>.
28. **Kommunal- og regionaldepartementet**. Forskrift om tekniske krav til byggverk(Byggeteknisk forskrift). [Internett] 26 03 2010. [Sisert: 29 04 2010.] <http://www.lovdata.no/ltavd1/filer/sf-20100326-0489.html#map014>.
29. **Lovdata** . Brann- og eksplosjonsvernloven. [Internett] 2002. [Sisert: 17 9 2009.] <http://www.lovdata.no/all/hl-20020614-020.html>.
30. **Lovdata**. Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn (FOBTOT) (2002). [Internett] 2002. [Sisert: 17 9 2009.] <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20020626-0847.html>.
31. **Arnhus Anders, sjefsingeniør DSB**. *Personlig meddelelse per e-post*. 19 04 2010.
32. **Lovdata**. Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften)(1996). [Internett] 1996. [Sisert: 18 9 2009.] http://www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/usr/www/lovdata/for/sf/ai/ai-19961206-1127.html&emne=internkontroll*&.
33. **SINTEF Byggforsk**. *Dokumentasjon av brannsikkerhet i bruksfasen (blad 626.102)*. s.l. : Byggforsk Kunnskapssystemer, 2002.
34. **Kristoffersen Bjarne, Mostue Bodil Aamnes**. *Brannsikkerhet i bygg: sammenligning av alternative branntekniske strategier*. s.l. : SINTEF NBL as, 2005.
35. **Rättsnätet**. Lag (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. . [Internett] 1994. [Sisert: 18 9 2009.] <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19940847.HTM>.
36. **Rättsnätet** . Förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. . [Internett] 1994. [Sisert: 19 9 2009.] <http://www.notisum.se/rnp/SLS/LAG/19941215.htm>.
37. **Boverket** . Boverkets Byggregler(BBR)(2008). [Internett] 2008. [Sisert: 20 9 2009.] http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/BBR_15/BBR_regelsamling_for_byggande_BBR_2008_NY%20hela.pdf .
38. —. Avsnitt 5 Brand. [Internett] [Sisert: 21 9 2009.] <http://www.boverket.se/Kontakta-oss/Fragor-och-svar/Bygg-och-konstruktionsregler/Avsnitt-5-Brand/>.
39. **Rättsnätet** . Räddningstjänstförordningen (1986:1107). [Internett] 1986. [Sisert: 21 9 2009.] <http://www2.notisum.com/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/fakta/a9861107.htm>.
40. **Rättsnätet**. Räddningstjänstlag (1986:1102). [Internett] 1986. [Sisert: 21 9 2009.] <http://www2.notisum.com/Pub/Doc.aspx?url=/rnp/sls/fakta/a9861107.htm>.
41. —. Lag om skydd mot olyckor (2003:778). [Internett] 2003. [Sisert: 21 9 2009.] <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030778.htm>.
42. **Rättsnätet** . Förordning om skydd mot olyckor (2003:789). [Internett] 2003. [Sisert: 21 9 2009.] <http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/20030789.htm>.
43. **Erhvervs- og Byggestyrelsen** . Byggeloven. [Internett] 1995. [Sisert: 25 9 2009.] <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=87573>.
44. **Erhvervs- og Byggestyrelsen**. Byggreglementet (BR08). [Internett] 2008. [Sisert: 25 9 2009.] http://www.ebst.dk/br08.dk/br07_02/0/54.
45. —. Eksempelsamling om brandsikring af byggeri. [Internett] 2006. [Sisert: 25 9 2009.] http://www.ebst.dk/publikationer/eksempelsamling_om_brandsikring_af_byggeri/pdf/eksempelsamling.pdf.
46. **Erhvervs- og Byggestyrelsen**. Information om brandteknisk dimensionering. [Internett] 2004. [Sisert: 25 9 2009.]

- http://www.ebst.dk/publikationer/rapporter/brandteknisk_dimensjonering/pdf/brandteknisk_dimensjonering.pdf.
47. **Beredskapsstyrelsen**. Beredskapsloven . [Internett] 1992. [Sisert: 28 9 2009.] <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=52845> .
48. **Beredskapsstyrelsen**. Bekendtgørelse om brandsyn og offentliggørelse af resultater af brandsyn foretaget i forsamlingslokaler. [Internett] 2008. [Sisert: 28 9 2009.] <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=114230> .
49. —. Bekendtgørelse om brandværnsforanstaltninger i hoteller m.v., plejehjem, plejehjem, forsamlingslokaler, undervisningslokaler, daginstitutioner og butikker. [Internett] 2008. <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=1142>.
50. **SINTEF Byggforsk** . *Brannteknisk prosjektering av overnattingssteder, sykehus og pleieinstitusjoner* blad 321.065 . s.l. : Byggforsk Kunnskapssystemer, 1998.
51. **SINTEF Byggforsk**. *Rømning fra bygninger ved brann* blad 321.036. s.l. : SINTEF Byggforsk, 2007.
52. **Statistisk sentralbyrå(SSB)**. Spesialisthelsetjenesten, 2000-2008. Nøkkeltall, aktivitet. . [Internett] 2009. [Sisert: 2 10 2009.] <http://www.ssb.no/speshelse/> .
53. **Statistisk sentralbyrå(SSB)**. Somatiske sykehus, 2000-2008. Nøkkeltall. [Internett] 2009. [Sisert: 2 10 2009.] <http://www.ssb.no/speshelsesom/>.
54. **Statistisk Sentralbyrå(SSB)**. Institusjonar for eldre og funksjonshemma 1996-2008. [Internett] 2009. [Sisert: 2 10 2009.] <http://www.ssb.no/pleie/tab-2009-07-02-01.html>.
55. **Statistisk sentralbyrå(SSB)**. Årsverk og fråvere innanfor pleie- og omsorgstenestene. 1994-2008. [Internett] 2009. [Sisert: 2 10 2009.] <http://www.ssb.no/pleie/tab-2009-07-02-09.html>.
56. —. Bebuarar i institusjonar for eldre og funksjonshemma, etter alder. 1992-2008. [Internett] 2009. [Sisert: 2 10 2009.] <http://www.ssb.no/pleie/tab-2009-07-02-02.html>.
57. **Helsedirektoratet**. Nasjonale kvalitetsindikatorer innen spesialhelsetjenesten. [Internett] 16 12 2009. [Sisert: 14 02 2010.] http://www.helsedirektoratet.no/statistikk/indikatorer/nasjonale_kvalitetsindikatorer_innen_spesialisthelsetjenesten__624724.
58. —. [Internett] 2009. [Sisert: 11 02 2010.] <http://www.sykehusvalg.no/Kvalitet/2109/>.
59. **Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB)**. Statistikk bygningsbranner. [Internett] 2009. [Sisert: 30 9 2009.] <http://www.dsb.no/no/Statistikk/Statistikk1/Branner/Bygningsbranner>.
60. **Mostue Bodil Aamnes, Stensaas Jan.P.** *Analyse av DSBs brannstatistikk for bygningsbranner i tiårsperioden 1994-2003*. s.l. : SINTEF NBL as, 2005.
61. —. *Effekt av boligsprinkler i omsorgsboliger*. s.l. : SINTEF NBL as, 2002.
62. **Nordstat.net**. Nordic fire statistics. [Internett] 2009. [Sisert: 15 10 2009.] <http://www.nordstat.net/index.aspx> .
63. **Gulbrandsen O.E., Andersen O.F.S.** *Tilpasningsdyktighet i eksisterende og nye sykehus*. s.l. : NTNU, 2005.
64. **Helse Sør-Øst**. Nye Ahus. [Internett] <http://www.bygg.no/prosjekter/29219.0?showImage=4>.
65. **Nye Ahus, Helse Sør-Øst**. Sengebygg med sengetun. [Internett] 10 03 2004. [Sisert: 19 03 2010.] http://www.nyeahus.no/modules/module_123/proxy.asp?iDisplayType=2&iCategoryId=339&iInfold=398&mids=184a244a248.
66. **Helsebygg Midt-Norge**. Sengetun. [Internett] 2006. [Sisert: 18 03 2010.] http://www.helsebygg.no/nytt_sykehus_konsepter/19631/.
67. **Aslaksen Ragnhild, Helsebygg Midt-Norge**. Sengetun i St. Olavs Hospital. [Internett] [Sisert: 20 03 2010.] <http://www.helsebygg.no/vedlegg/19842/Helhetsmodell.ppt-nettversjon-Helsebygg.pdf>.
68. **Hemel, Madeleine van den**. *Enhetsleder medisinsk avdeling ved Molde Sykehus*. Molde, 10 03 2010.
69. **Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)**. Granskningsrapport etter brannen i Bergseng bo- og servicesenter i Harstad den 18. Mars 2001. [Internett] 2001. [Sisert: 21 10 2009.] <http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/Granskningsrapporter/Bergseng.pdf>.
70. **Lundberg Steinar, Pedersen Kjell Schmidt,** *Branner; systematisering og analyse. Sykehus- og sykehjemsbranners tidlige fase*. s.l. : SINTEF NBL as, 1980.

71. **Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).** Evaluering av brann 9.juni 2007 i Sveio Omsorgssenter. [Internett] 2007. [Sisert: 21 10 2009.] <http://www.dsb.no/Global/Publikasjoner/2007/Rapport/sveiorapport.pdf>.
72. **Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB).** Granskingsrapport etter brannen på Hoveseterhjemmet i Oslo, 21. april 2000. [Internett] 2000. [Sisert: 21 10 2009.] <http://dsb.no/Global/Publikasjoner/Granskingsrapporter/Hovseterhjemmet.pdf>.
73. **Nettavisen.** Kvinne påtent av stearinlys. [Internett] 2008. [Sisert: 23 10 2009.] <http://www.nettavisen.no/innenriks/article2471822.ece>.
74. **Namdalsavisa.** Sykehusbrann. [Internett] 2008. [Sisert: 22 10 2009.] <http://www.namdalsavisa.no/Innenriks/article3634119.ece?service=print> .
75. **Nettavisen.** Sykehusbrann. [Internett] 2006. [Sisert: 22 10 2009.] <http://pub.tv2.no/nettavisen/innenriks/article809904.ece>.
76. **Stavangeravisen.** Sykehjemsbrann. [Internett] 2005. [Sisert: 22 10 2009.] <http://www.stavangeravisen.com/art.asp?id=26218>.
77. **Dagbladet.** Sykehjemsbrann. [Internett] 1997. [Sisert: 22 10 2009.] <http://www.dagbladet.no/nyheter/1997/12/09/44556.html> .
78. **Hansen Anne Steen, Heskestad Atle W., Mostue, Bodil Aamnes.** *Brannsikkerhetsnivået i sykehjem og pleieinstitusjoner for eldre.* Trondheim : SINTEF NBL as, 2009.
79. **Justis- og politidepartementet.** FOR 1999-04-16 nr 525: Forskrift om antennelighet av madrasser og stoppede møbler. [Internett] 16 04 1999. [Sisert: 1 03 2010.] <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19990416-0525.html>.
80. **Hansen Anne Steen, Kristoffersen Bjarne.** *Hvor brannsikre er stoppete møbler og madrasser?* Trondheim : SINTEF NBL as, 2007.
81. **Justis- og politidepartementet.** FOR 1984-02-13 nr 427: Forskrift om forbud mot svært brennbare tekstiler. [Internett] 13 02 1984. [Sisert: 25 02 2010.] <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19840213-0427.html>.
82. **Logichem.** HMS Datablad: Oksygen(komprimert). [Internett] 2002. [Sisert: 11 03 2010.] <http://logichem.netpower.no/datasheet.aspx?ild=9209&iDepId=3>.
83. **AGA.** HMS-datablad: Niontix. [Internett] 2006. [Sisert: 05 03 2010.] [http://www.linde.com/International/Web/LG/NO/like35lglgtno.nsf/repositorybyalias/hms_datablad_niontix_no/\\$file/HMS_datablad_Niontix_NO.pdf](http://www.linde.com/International/Web/LG/NO/like35lglgtno.nsf/repositorybyalias/hms_datablad_niontix_no/$file/HMS_datablad_Niontix_NO.pdf).
84. **Anderson Eva, Danielsen Ulf.** *Ivaretakelse av sikkerhet for slokke- og redningsmannskaper ved nyprosjektering av bygninger.* Trondheim : SINTEF NBL as, 2005.
85. **Sintef Byggforsk.** *Offentlige bestemmelser for brannsikring av eksisterende bygninger.* 2001.
86. **Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.** *Brannsikkerhet i omsorgsboliger.* s.l. : Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2003.
87. **Mostue, Bodil Aamnes.** *En innføring i bruk av branntekniske analyser og beregninger - Muligheter og begrensninger.* s.l. : SINTEF NBL as, 2002.
88. **SINTEF Byggforsk.** *Røykkontroll i bygninger.* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2006.
89. —. *Sprinkleranlegg blad 550.361.* 2009.
90. **Mostue, Bodil Aamnes.** *Effekt av sprinkler i flerbrukshaller og sykehjem.* s.l. : SINTEF NBL as, 2004.
91. **Statens Byggetekniske Etat, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.** *Melding HO-1/99 Sprinkler Temaveiledning.* 1999.
92. **Mostue Bodil Aamnes, Opstad Kristen.** *Effekt av brannverntiltak- Vegger og sprinkler.* s.l. : SINTEF NBL as, 2002.
93. **Statens Byggetekniske Etat, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.** *Melding HO-2/98: Brannalarm Temaveiledning.* s.l. : Statens Byggetekniske Etat, 1998.
94. **SINTEF Byggforsk.** *Brannalarmanlegg.* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2000.
95. —. *Brannteknisk prosjektering. Områdeplanlegging blad 321.077.* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2005.
96. —. *Tilrettelegging for rednigs- og slokkemannskap .* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2002.

97. **Mostue Bodil Aamnes, Danielsen Ulf.** "Alle inn" - "alle ut ved brann"? Unicersell utforming av byggverk og brannsikkerhet- Del 2 . s.l. : SINTEF NBL as, 2007.
98. **SINTEF Byggforsk.** *Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av materialer og bygningsdeler.* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2007.
99. **Mostue, Bodil Aamnes.** *Evaluering av tiltak mot brann.* s.l. : SINTEF NBL, 2000.
100. **Christian, Kenneby.** *Vårdanläggningar.* Lund : Lunds tekniska högskola, 2007.
101. **Frantzich, Håkan.** *Brandskyddsvarering av vårdavdelingar: Ett riskanalysverktyg.* s.l. : Lunds tekniska högskola, 2000.
102. **Brand Anna, Sörqvist Malin.** *Utrymnings-säkerhet för rörelsehindrede.* s.l. : Lunds tekniska högskola, 2000.
103. **Buskerud Brannservice.** Evakueringslaken. [Internett] http://www.buskerud-brannservice.no/filarkiv/Image/Evakuering/Jarven_Redningslaken_1.jpg.
104. **Mostue Bodil Aamnes, Danielsen Ulf.** *Bygg for alle-Lik brannsikkerhet for alle?* s.l. : SINTEF NBL ass, 2007.
105. **Frantzich, Håkan.** *Fire Safety Risk Analysis of a Health Care Facility.* s.l. : Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, 1997.
106. **Rausand Marvin, Utne Bouwer Ingrid.** *Risikonalyse- teori og metoder.* Trondheim : Tapir Akademisk Forlag, 2009.
107. **Bukowski Richard W., Budnick Edward K., Schemel Christopher F.** Estimates of the Operational Reliability of Fire Protection Systems. [Internett] 1999. [Sisert: 12 02 2010.]
108. **Puls: Prosjektorientert utvikling læring og samspill. Temahefte 1: Risikoanalyse.** s.l. : Puls: Prosjektorientert utvikling læring og samspill, 2000.
109. **SINTEF Byggforsk.** *Dokumentasjon av brannsikkerhet i bruksfasen blad 321.026.* s.l. : Byggforsk Kunnskapssystemer , 2001.
110. **NIST.** Fire Growth and Smoke Transport Modeling with CFAST. [Internett] 2009. [Sisert: 2 02 2010.] <http://fast.nist.gov/>.
111. **Norsk Standard.** *NS-EN 1991-1-2: Eurokode 1 Laster på konstruksjoner ved brann.* s.l. : Norsk Standard, 2002.
112. **Peacock,McGrattan,Klein,Jones, Reneke.** CFAST – Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport (Version 6) Software Development and Model Evaluation Guide. [Internett] 2008. http://fast.nist.gov/Documents/CFAST_Validation_Guide_61.pdf.
113. **Drysdale, Dougal.** *Fire Dynamics - second edition.* s.l. : John Wiley & Sons Ltd., 1998.
114. **Buchanan, Andrew H.** *Structural design for fire safety.* s.l. : John Wiley & Sons Ltd., 2002.
115. **SINTEF Byggforsk.** *Tilgjengelig rømningstid ved brann blad 520.387.* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2006.
116. **Mostue Bodil Aamnes, Stensaas Jan P.** *Sikkerhetsnivået mht brann ved preaksepterte løsninger.Risikoanalyse av et bo- og servicesenter.* s.l. : SINTEF NBL as, 2000.
117. **SINTEF Byggforsk.** *Nødvendig rømningstid ved brann blad 520.385.* s.l. : SINTEF Byggforsk, 2006.
118. **Håkan, Frantzich.** *Fire Safety Risk Analysis of a Health Care Facility.* s.l. : Lunds tekniska högskola,Lunds universitet, 1997.
119. —. *Tid for utrymning vid brand.* s.l. : Lunds universitet, 2001.
120. **Lunds Universitet.** [Internett] 2006. [Sisert: 20 01 2010.] http://www.brand.lth.se/bibliotek/datorprogram/bsv_vaard/.
121. **Norsk Standard.** *NS 3901: Risikoanalyse av brann i byggverk, med veiledning.* s.l. : Norges Standardiseringsforbund(NSF), 1998.
122. **Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern.** *Rundskriv nr. HR 7/96 av 22. oktober 1996.* s.l. : Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern, 1996.
123. **Helse- og Omsorgsdepartementet.** *Veileder hovedfunksjonsprogram- sykehusbygg.* [Internett] 15 02 2000. [Sisert: 11 02 2010.] http://www.regjeringen.no/nb/dep/hod/dok/veiledninger_og_brosjyrer/2000/veileder-hovedfunksjonsprogram---sykehus.html?id=87593.

124. **Trätekt, Swedish Institute for Wood Technology Research.** FRIM-MAB: Fire Risk Index Method for Multi-storey Apartment Buildings. [Internett] 2000. [Sisert: 3 11 2009.] <http://130.235.7.155/frim-mab/welcome.html>.
125. **COWI.** COWI presentasjon for TEKNA. [Internett]
<http://www.tekna.no/ikbViewer/Content/779117/09%20Kvalitativ%20analyse,%20Jensen.pdf>.
126. **sddsd.** [Internett]
127. **Helsedirektoratet.** Hva er DRG-systemet. [Internett] 2007. [Sisert: 17 02 2010.]
http://www.helsedirektoratet.no/kodeverk_pasientklassifisering/drg/.
128. **J., O'Connor Daniel.** Healthcare Occupancies. [bokforf.] NFPA. *NFPA 101 Life Safety Code*. s.l. : Kilde: <http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/healthcarefph.PDF>, 1997.

10 Vedlegg

10.1 Oppgavetekst



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg, anlegg og transport

Dato:
2009-10-14

Side 150 av 179
sider

MASTEROPPGAVE **(TBA4905, Masteroppgave)** **VÅREN 2010** for **Steinar Flusund**

Brannsikkerhet i sykehus

Fire safety in hospitals

BAKGRUNN

Brann i sykehus er spesielt kritisk fordi mange av pasientene ikke vil være i stand til å evakuere uten hjelp fra andre. Slike bygninger er plassert i risikoklasse 6 i Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, § 7-22. I Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn vil de være klassifisert som særskilte brannobjekter, og dette krever spesielle tiltak med hensyn til brannsikkerhet, både teknisk og organisatorisk.

Vi får i tiden som kommer en stor økning i antall eldre mennesker i samfunnet, og gjennomsnittlig levealder kan øke. Dette vil føre til et større antall av eldre pasienter i sykehus, noe som vil gi store utfordringer med hensyn til å ivareta en tilfredsstillende brannsikkerhet. Antall pasienter ved sykehus vil variere hele tiden, og ved akutt sykdom, større ulykker, epidemier, etc. er det vanskelig å dimensjonere antall pasienter i forhold til sengekapasitet. Dette fører i mange tilfelle til såkalte korridorpasienter, som er en stor utfordring med hensyn til sikkerhet og evakuering ved brann. Den funksjonsbaserte tekniske forskriften til plan- og bygningsloven (TEK) gir muligheter til alternative tiltak for brannsikkerhet i bygninger, og det vil være viktig å se nærmere på hvordan en kan ivareta brannsikkerhet i sykehus og hvilke tiltak en kan ha for evakuering ved brann.

OPPGAVE

Oppgaven vil omfatte følgende aktiviteter:

1. Beskrivelse av regelverk for brannsikkerhet i sykehus i Norge, Sverige og Danmark.
2. Beskrivelse av relevant statistikk for følgende forhold i sykehus:
 - Branner og brannskader

➤ Korridorpasienter

3. Kartlegging av hva ulike instanser (helseforetak, sykehus, brannvesen, etc.) vurderer som de største problemer/utfordringer med hensyn til brannsikkerhet i sykehus, og hvordan forhold med korridorpasienter blir håndtert i forbindelse med brannøvelser eller planlegging av evakuering ved brann.

4. Valg og beskrivelse av metoder og modeller for henholdsvis kvantifisering av brannrisiko og simulering av brannforløp i sykehus.

5. Beskrivelse av typisk(e) eksempel/eksempler på avdeling og korridor i sykehus, med grunnlag i eksempler fra eksisterende sykehus.

6. Gjennomføring av risikoanalyser og vurderinger og av simuleringer og beregninger av brannforløp i de(t) valgte scenariet/scenarier i punkt 5.

7. Beskrivelse av forslag til hva en bør gjøre ved prosjektering og drift av sykehus for å sikre en optimal brannsikkerhet i avdelinger.

8. Rapportering.

GENERELT

Oppgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med veileder og faglærer ved instituttet (samt med ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt).

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside, se
- <http://www.ntnu.no/selvhjelpspakken/ppt-dokmaler/Masteroppgave/>
- tittelside med ekstrakt og stikkord, se
- <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- sammendrag på norsk og engelsk, innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger
- oppgaveteksten (signert)
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummer)
- Besvarelsen kan eventuelt utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside, og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Hva skal innleveres?

- Besvarelsen i original (uinnbundet)
- To innbundne kopier
- Eventuelt: X avtalte tilleggskopier for formidling til ekstern samarbeidspartner (dekkes av instituttet eller ekstern partner)
- CD med besvarelsen i **digital form** i pdf-format eller word-format med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (for eksempel excel))
- En kortfattet (tilsvarende 1-2 A4-sider inklusive eventuelle illustrasjoner) populærvitenskapelig oppsummering av arbeidet, på html-mal gitt av instituttet, beregnet for publisering på internettet. Oppsummeringen bør redegjøre for hensikten med arbeidet og for gjennomføringen og de vesentligste resultater og konklusjoner av arbeidet. Mal finnes på:

<http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>
Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen øko-nomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

(Evt) Avtaler om ekstern veiledning, gjennomføring utenfor NTNU, økonomisk støtte m.v.
Beskrives her når dette er aktuelt.

Helse, miljø og sikkerhet (HMS):

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings-, feltkurs eller ekskursions-, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

Innleveringsfrist:

Arbeidet med oppgaven starter **18. januar 2010**

Besvarelsen i original (uinnbundet) og to innbundne kopier, samt besvarelsen i digital form skal leveres innen **14. juni 2010 kl 1500**.

Faglærer ved instituttet: Per Jostein Hovde

Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:

- Anders Arnhus, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap/NTNU
- Anne Steen-Hansen, SINTEF NBL as

Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 2010-03-15

Underskrift

Faglærer

10.2 Dokumentasjon av brannsikkerhet

Revisjonen av plan- og bygningsloven i 1997 har gitt aktører i byggeprosessen fikk en klarere ansvars- og rollefordeling, samt bedre sporbarhet i forhold til ansvar og kontroll i prosjektering og byggesaker. Økte krav til dokumentasjon har som mål å oppnå bedre kvalitet i alle faser av byggeprosessen (23).

Branntekniske forhold er en av de viktigste rammebetingelsene i prosjektering av bygg. Plassering av rømningsveier og trapperom, samt brannteknisk seksjonering av bygningen er med på å avgjøre planløsning, utforming og organisatoriske forhold.

Med dokumentasjon av brannsikkerhet menes en fullstendig brannteknisk dokumentasjon som skal utarbeides under prosjektering og utførelse av et byggeprosjekt, samt nødvendig underlag for bruksfasen.

Flere parter har behov for dokumentasjon av brannsikkerheten i sykehus og pleieinstitusjoner, både i planleggings-, bygge- og bruksfasen. Det er derfor viktig at de prosjekterende tilrettelegger dokumentasjonen, slik at den er lett tilgjengelig for alle parter i byggeprosessen.

Byggesak

Brannområdet er ikke underkastet særskilte krav i byggesakssammenheng. Reglene for saksbehandling for dokumentasjonsomfang er fastsatt i *Forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesak*(SAK). Saksbehandling i byggesaken foretas av lokal bygningsmyndighet i kommunen. Prosjekteringen inneholder tre typer dokumentasjon (23):

- Dokumentasjon som skal inn til kommunen som del av rammesøknad og igangsettelsestillatelse.
- Dokumentasjon som skal være i prosjektet.
- Dokumentasjon som skal foreligge i driftsfasen.

Interne dokumenter skal imidlertid være tilgjengelig for kommune og tilsynsmyndighet når det blir bedt om det.

Brannmyndigheten (brannvesen) har ikke delegert myndighet i byggesaker, og kan derfor ikke godkjenne løsninger eller dispensere fra forskriftskrav. Anbefalinger fra brannmyndighet er derfor ikke å anse som godkjenning av løsninger (34).

Forhåndskonferanse

Forhåndskonferanse holdes dersom kommunen eller tiltakshaver ønsker det. Store byggesaker kan kreve egen forhåndskonferanse om branntekniske forhold. Dette gjelder spesielt for særskilte brannobjekt i henhold til brann- og eksplosjonsvernloven. Sykehus og pleieinstitusjoner blir klassifisert som særskilte brannobjekter. På forhåndskonferanser deltar kommunen ofte med saksbehandler og representant fra brannvesenet (23). Formålet med forhåndskonferansen er å avklare kommunens rammebetingelser, samt brannvesenets muligheter og begrensninger for redning og slokking. Viktige punkter er her:

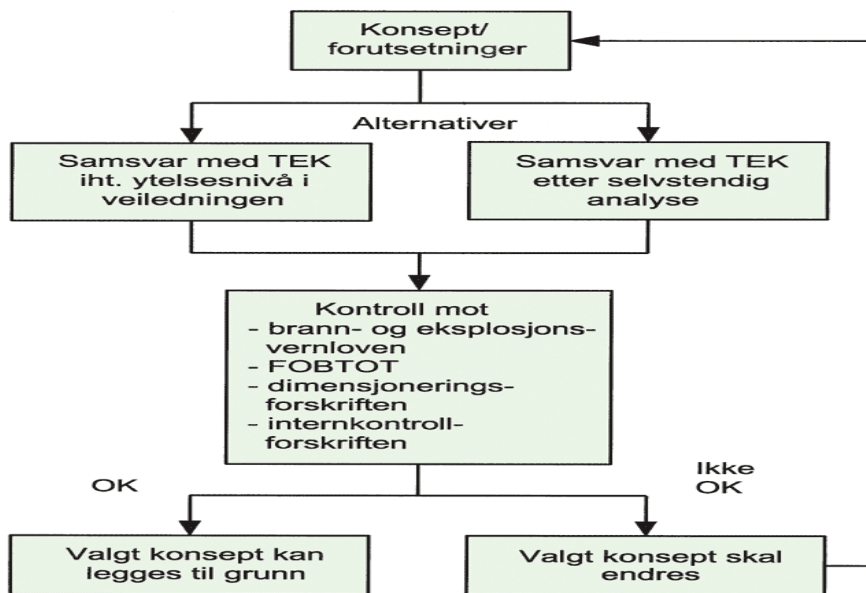
- Innsatstid og redningsinnsats
- Bemanning
- Beredskap og utstyr
- Vannforsyning

Dokumentasjon og kontroll i byggesaken avklares på konferansen. Her inngår rammer for dokumentasjonsform og omfang. Kommunen bør klargjøre hvilken informasjon de ønsker tilsendt for å kunne avgjøre byggesaken (23).

Tilnæringer til brannteknisk prosjektering

Etter VTEK er det i hovedsak tre ulike tilnæringer til brannteknisk prosjektering. Overordnede funksjonskrav i TEK kan dokumenteres ved (27):

- Prosjektering ved bruk av utprøvde og anerkjente løsninger. Disse preaksepterte løsningene er i samsvar med prinsipper og ytelser gitt i VETK, og tilfredsstiller funksjonskrav gitt i TEK. Forutsetninger og inngangsparametre som er lagt til grunn for prosjekteringen må fremgå i prosjektdokumentasjonen, og forutsatte ytelser må framlegges.
- Prosjektering ved analyse. Ved fravik fra preaksepterte løsninger angitt i REN, må brannsikkerheten dokumenteres ved bruk av analyser og beregninger. Dette innebærer bruk av både kvalitativ og kvantitativ analyse, risiko- og konsekvensanalyse.
- Prosjektering ved bruk av blandingsløsning. Prosjekteringen omfatter da bruk av preaksepterte løsninger, samt analyse for de deler av prosjekteringen som fraviker fra REN.



Figur 46 Valg av brannkonsept ved brannteknisk prosjektering (23)

Funksjonskravene i TEK er gitt slik at dispensasjoner normalt ikke skal forekomme (27). Videre er løsningene beskrevet i VTEK en rekke ytelsesnivå som samsvarer med funksjonskravene i TEK. Disse ytelsesnivåene anses som et akseptabelt sikkerhetsnivå dersom de velges og benyttes riktig, og fungerer som referanse ved dokumentasjon av brannsikkerheten i et bygg. Dersom det velges å bruke preaksepterte løsninger, må disse uansett dokumenteres. Det er ikke tilstrekkelig kun å henvise til veiledningen.

Ved dokumentasjon ved analyse, og avvik fra ytelsesnivåer i VTEK, skal det ifølge VTEK §6-1 gjennomføres en risikoanalyse. Risikoanalysen bør utføres i henhold til NS 3901: *Risikoanalyse av brann i byggverk, med veiledning*. VTEK nevner risikoanalyse som aktuelt ved:

- *”løsningsønsker som i vesentlig grad berører rømningsforhold for et stort antall personer, eller for personer i risikoklasse 6*
- *løsningsønsker der kompenserende tiltak bl.a. består av organisatoriske tiltak hos eier og virksomhet/bruker*
- *løsningsønsker forbundet med stort verditappspotensiale ved store, useksjonerte arealer*
- *løsninger som avviker i forhold til utprøvede og anerkjente løsninger i bestående bygg”*

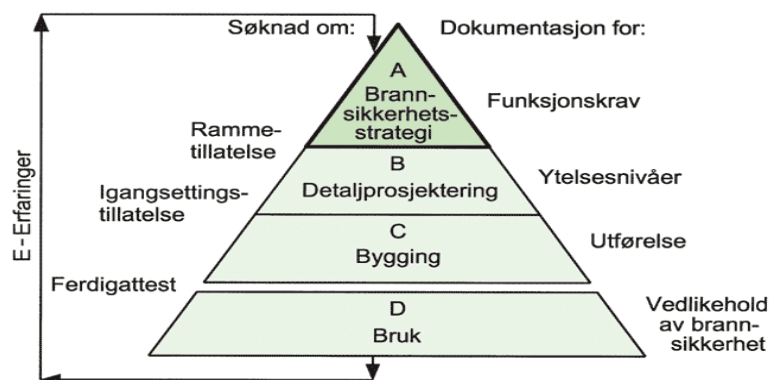
Ved bruk av beregningsmessig branndokumentasjon, krever VTEK i §6-1 at følgende bør angis:

- *”formålet med beregningen, herunder referanse til fravik fra veiledningens ytelsesnivåer*
- *aktuelle scenarier*

- metodehenvisning, herunder referanse til verktøydokumentasjon og aktuell litteratur
- akseptkriterier for beregningsresultater dersom det er relevant
- beregningsresultater med drøfting”

Dokumentasjon på ulike nivåer

Omfanget av brannsikkerhetsdokumentasjon tilpasses hvert enkelt byggeprosjekt, avhengig av byggverkets kompleksitet og risiko. Oppbyggingen og systematikken i dokumentasjonen bør likevel være den samme, uavhengig av type bygning. Dokumentasjon av brannsikkerhet kan deles inn i fem nivåer (23): brannsikkerhetsstrategi, detaljprosjektering, bygging, bruk og endring.



Figur 47 Nivåer for dokumentasjon av brannsikkerhet (23).

Brannsikkerhetsstrategi (A)

Brannsikkerhetsstrategien angir ytelser og ytelsesnivåer for brannsikkerheten, og skal vise at bygningen med valgte løsninger tilfredsstillende funksjonskravene i TEK.

Brannsikkerhetsstrategien har form som en rapport, og utarbeides av det foretaket som er ansvarlig for utforming av et helhetlig brannsikkerhetskonsept.

Rapporten består av:

- Tegninger og beskrivelser av brannteknisk hovedutforming.
- Dokumentasjon på at hovedutformingen tilfredsstillende funksjonskravene i TEK. Prosjekterende kan velge å følge ytelsesnivå angitt i VTEK, eller dokumentere at valgte tekniske løsninger tilfredsstillende funksjonskrav i TEK ved analyse.
- Grunnlag for søknad om rammetillatelse.

I rapporten skal forutsetninger og antagelser for valgt konsept klargjøres. Dette gjelder både når veiledningen til TEK følges, og ved utførlig dokumentasjon ved analyse. Myndigheter og eventuelt uavhengige kontrollører skal ha enkel tilgang til rapporten (23).

Detaljprosjektering (B)

Under detaljprosjekteringen skal den branntekniske dokumentasjonen vise at løsningene tilfredsstillende de ytelsesnivåene som er definert i brannsikkerhetsstrategien. De enkelte prosjekterende må utarbeide dokumentasjon for sitt fagfelt.

Dokumentasjonen skal inneholde (23):

- Tegninger, beskrivelser.
- Underliggende beregninger.
- Sertifikater og godkjenningssdokumenter for bygnings- og installasjonsdeler.
- Grunnlag for søknad om igangsettingstillatelse.

Detaljprosjekteringen skal gi tilstrekkelig underlag for utførelse på byggeplassen.

Bygging (C)

Utførelsen av bygget skjer i henhold til spesifikasjoner fra detaljprosjekteringen. Det må foreligge dokumentasjon på at den fysiske utførelsen av teknisk løsninger er i samsvar med foreliggende tegninger og beskrivelser.

Dokumentasjonen skal inneholde (23):

- Fysisk utførelse(fotografier).
- Branntekniske egenskaper til materialer og komponenter.
- Monteringsanvisninger

Dokumentasjonen skal være lett tilgjengelig på byggeplass gjennom hele byggeperioden.

Bruk (D)

Grunnlaget for nødvendig dokumentasjon for drift og vedlikehold av bygninger utarbeides under prosjekterings- og byggefase. Sykehus og pleieinstitusjoner registreres som særskilte brannobjekter etter Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn, noe som setter skjerpede krav til dokumentasjon av brannsikkerhet i bruksfase.

Når bygget er i bruk skal brannsikkerheten minst opprettholdes på det nivået som var forutsatt i byggefasen. Bygninger om er oppført eldre regelverk enn byggeforskrift 1985, stiller FOBTOT krav til at brannsikkerhetsnivået minst skal tilsvare nivået i byggeforskrift 1985. Dette tilsvarer i praksis funksjonskravene i TEK (23).

Sykehus klassifiseres som kategori (a) særskilte brannobjekt. For særskilte brannobjekter stilles det spesielle krav til dokumentasjon av brannsikkerheten. Disse kravene er angitt i FOBTOT. I tillegg til dokumentasjon på den fysiske utførelsen, skal det foreligge dokumentasjon på (50):

- Organisering av brannvernarbeidet.
- Opplæring, øvelse og informasjon.
- Kontroll- og vedlikeholdsrutiner.

Endringer (E)

Endringer av bygg kan medføre behov for revurdering av brannsikkerhetsstrategi, samt endring av tekniske og organisatoriske tiltak. Endringer som berører godkjent brannteknisk hovedutforming, er søknadspliktig. Dette gjelder endringer vedrørende (23):

- Rømningsveier
- Seksjonering
- Bæresystem
- Alarm- og sløkkeanlegg

Bruksendring av bygg er også søknadspliktig. Endring av bruk kan ha konsekvenser for brannsikkerheten, og kan kreve en ny risikovurdering av bygget. Tiltak som installering av sprinkler- eller brannalarmanlegg kan bli nødvendig.

Kontroll og kvalitetssikring

Bygningskontroll er kontroll som skal synliggjøres og bekreftes for kommunen gjennom kontrollplaner og kontrollbekreftelser. Kvalitetssikring dokumenteres av prosjekterende og utførende i samsvar med foretakenes interne kvalitetssystemer. Kontroll kan deles inn i tre nivå (23):

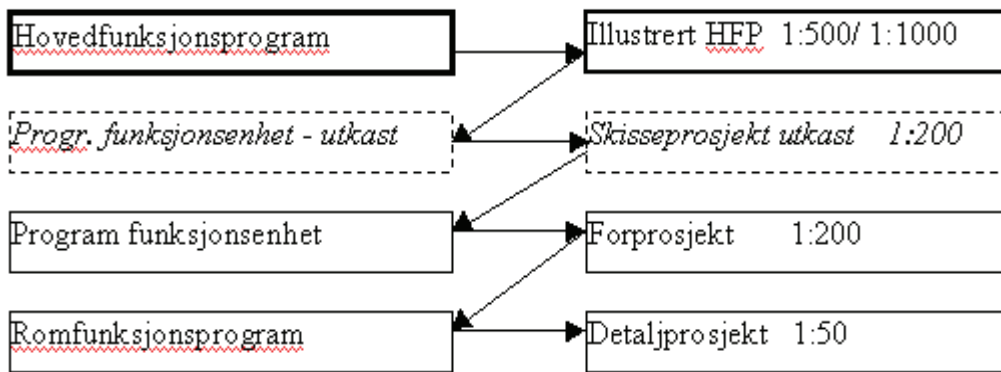
- Tilsyn: utføres av bygningsmyndighet.
- Bygningskontroll: dokumentert egenkontroll eller uavhengig kontroll
- Kvalitetssikring: utføres av ansvarlig prosjekterende og utførende.

For sykehus og pleieinstitusjoner prosjektert etter risikoklasse 6 og tiltaksklasse 3 kreves normalt bygningskontroll utført av uavhengig kontroll. Uavhengig kontroll fokuserer på å kontrollere de kvalitative og kvantitative analysene som har blitt gjennomført i prosjekteringen.

Utbygging og hovedfunksjonsprogram

Helse- og Omsorgsdepartementet har utarbeidet ”*Veileder hovedfunksjonsprogram-sykehusbygg*” (123). Veilederen skal være et hjelpemiddel for utbygger og godkjennende myndighet, for å utarbeide hovedfunksjonsprogram(HFP) for et sykehusbygg, inkludert planlegging og utstyrsbehov. Planprosessen for oppføring av sykehus er en kjede aktiviteter som utredes på stadig mer detaljert nivå, for å sikre detaljerte krav og rammer for prosjektet (123).

Sykehusutbygging igangsettes ved et politisk vedtak. Figur 48 viser prosjektprosessen for funksjonsheter(avdelinger, sengeposter, osv.) i sykehusbygging (123). De stiplede boksene illustrerer flere utkast på ulike nivå.



Figur 1 Program og prosjekt i sykehusplanlegging

Figur 48 Program og prosjekt i sykehusplanlegging (123)

En rekke målsetninger forutsetninger ligger til grunn ved oppføring av sykehus. I aktivitets og produksjonsdata inngår blant annet (123):

- antall pasienter og liggedøgn.
- antall operasjoner/behandlinger.
- behov for kontorplass.

Hovedfunksjonsprogrammet angir hvilke arealstandarder som brukes for prosjektering av de ulike funksjonsenhetene, og angis i netto areal. Arealberegninger angir bruttoareal for samtlige funksjonsområder. Beregningene gjøres på bakgrunn av (123):

- aktivitets- og produksjonsberegningene.
- hvilke arealstandarder som ligger til grunn.
- hvordan nettoareal regnes om til bruttoareal.

Netto areal(NTA) defineres som (123):

”Nettoareal er areal av rom begrenset av vegger og søyler i henhold til NS 3940. Nettoareal for et enkelt rom kan også benevnes romareal.”

Bruttoareal (BTA) defineres som (123):

”Bruttoarealer regnes for bygninger, etasjer og funksjonsenheter. Bruttoareal for en bygning beregnes som summen av bruttoareal for bygningens etasjer, inklusive innskutte etasjer og gallerier, samt loft og kjeller. Arealene målt til utsiden av yttervegg i henhold til målereglene i NS 3940.”

10.3 Metoder for å kvantifisere brannsikkerhetsnivå i sykehus

Dette kapitlet presenterer ulike metoder for å kvantifisere brannsikkerhetsnivået i sykehus og pleieinstitusjoner. Ved oppføring av slike bygninger må de valgte branntekniske løsningene vurderes opp lovgivning, samt alternative løsninger.

10.3.1 Generelt

De branntekniske ytelsesnivåene i VTEK beskriver et minimum brannsikkerhetsnivå, men angir ikke nøyaktig hvilket brannsikkerhetsnivå som oppnås. Sykehus og pleieinstitusjoner prosjekteres som bygninger i strengeste risikoklasse 6. Når løsningene i VTEK fravikes ved nybygging, må det på annen måte dokumenteres at valgte løsninger tilfredsstiller de funksjonskrav TEK stiller for brannsikkerhet. Funksjonskravene i TEK er imidlertid vanskelige å omforme til målbare/kvantifiserbare akseptkriterier. For å vurdere myndighetenes brannsikkerhetskrav, samt underbygge valgte løsninger benyttes både kvalitative- og kvantitative risikoanalyser/metoder.

I forbindelse med brannteknisk oppgradering av eldre bygninger er risikoanalyser/analysemetoder aktuelle for å beskrive gjeldende brannsikkerhetsnivå i bygget. Myndighetene stiller krav til oppgradering av eldre bygg gjennom §2-1 i FOBTOT (30). Paragrafen omtaler et sikkerhetsnivå, men beskriver ikke hva dette nivået innebærer.

§2-1 i FOBTOT:

”Sikkerhetsnivået i eldre bygninger skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Oppgraderingen kan skje ved bygningstekniske tiltak, andre risikoreduserende tiltak eller ved en kombinasjon av slike.”

Rapporten *Brannsikkerhet i bygg: Sammenligning av alternative branntekniske strategier* fra SINTEF NBL (34), konkluderer med at:

- branntekniske aktører ofte har ulik oppfattninger av hvordan forskriftenes sikkerhetsnivå skal tolkes, og kan føre til at like bygningstyper oppføres med varierende brannsikkerhet.
- risikoanalyseverktøy/-metoder benyttes i liten grad for å underbygge fravik fra ytelsesnivå i VTEK.
- risikoanalyseverktøy/-metoder benyttes oftest i delanalyser, og i mindre grad i vurderinger av sikkerhetsnivået for hele bygg.
- forutsetninger og valg gjort av bruker av analyseverktøy er ofte subjektive som følge av mangel på empiriske data.

For at analyseverktøy skal gi pålitelige resultater må bruker av verktøyet ha god kunnskap om brann (34). Dette er en forutsetning for at de mest presise inngangsdataene skal velges som grunnlag for beregningene. Samtidig må resultatene av analysen vurderes i forhold til de faktorer som virkelig har betydning på brannsikkerheten (34).

10.3.2 Metoder

Rapporten *Brannsikkerhet i bygg: Sammenligning av alternative branntekniske strategier* fra SINTEF NBL (34) angir de viktigste områdene der branntekniske analysemetoder benyttes:

- Beregninger for å rettferdiggjøre redusert brannmotstand
- Strålingsberegninger mellom vinduer i innvendige hjørner
- Røykfyllingsberegninger som underlag for dimensjonering av røykventilasjon
- Evakueringsberegninger

I denne rapporten vil følgende metoder vurderes:

- Risikoanalyse: NS 3901
- Brannrisiko i helseinstitusjoner: BSV- vård
- NFPA
- Britisk indeksmetode
- Fire Risk Index Method: brannrisiko i boligbygg med flere enheter
- L- kurve metoden
- SINTEF metoden

10.3.2.1 Indeksmetoder

Indeksmetoder bygger på at det for ulike virksomheter finnes et antall egenskaper som har betydning for brannsikkerheten i en bygning. Dette kan for eksempel være tilgang til slukkeapparat, brannslange eller innsatstid for brannvesen. Egenskapene kan være av både kvalitativ og kvantitativ karakter.

Hver egenskap bedømmes ut fra en fastlagt poengskala. Poengene til hver egenskap blir så omformet til en enkelt tallverdi/indeks, som representerer det overordnede sikkerhetsnivået. Indeksen er ikke et direkte mål på risiko, men kan benyttes for å sammenligne ulike branntekniske løsninger, samt brannsikkerhet i ulike bygninger.

10.3.2.2 Risikoanalyse: NS 3901

VTEK henviser til *NS: 3901 Risikoanalyse av brann i byggverk, med veiledning* (121) som metode for utførelse av risikoanalyse for brann. NS 3901 beskriver hvordan risikoanalyse og konsekvensanalyse av brann i byggverk bør gjennomføres, og hvordan resultatene bør legges fram. Både standarden og veiledningen er generelt utformet, og setter ikke detaljerte krav gjennomføring av beregninger/analyser. Veiledningen er utarbeidet med samme inndeling som blir brukt internasjonale-(ISO) og britiske standardiseringsorganisasjonen(BSI).

Vurdering

NS 3901 med veiledning angir hvordan risikoanalyse av brann i byggverk bør gjennomføres på overordnet nivå. Spesifikke metoder for å kvantifisere brannsikkerhetsnivå angis ikke, men standarden beskriver hvilke områder som burde analyseres/kvantifiseres i en risikoanalyse. Fokuset er rettet mot delanalyser av flammespredning, evakuering osv, samt beskrivelse av problemområder og fagterminologi.

10.3.2.3 BSV- vård

BSV- vård: *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar* er en indeksmetode for å vurdere brannsikkerheten i sykehus og pleieinstitusjoner. Metoden er et risikoanalyseverktøy utviklet ved Lunds tekniska högskola i Sverige, og beskrevet i rapporten: *Brandskyddsvärdering av vårdavdelningar: Ett riskanalysverktyg* (101). BSV-vård brukes for å bestemme den relative sikkerheten ved ulike avdelinger, men ikke hele bygg. Verktøyet er også anvendelig som prosjekteringssjekkliste og hjelpemiddel ved branntilsyn.

Metoden er bygd opp rundt 26 ulike tiltak/forhold som på ulike måter påvirker brannsikkerheten i en pleieavdeling. Ved brannteknisk gjennomgang av avdelingen, bedømmes hvert tiltak/forhold ut fra en poengsum som beskriver deres branntekniske egenskaper. Poengsummen for hvert tiltak/forhold vektet ut fra hvilken betydning det har for

den totale brannsikkerheten (101), og resulterer i en brannsikkerhetsindeks(BSI). BSI beskriver da den totale sikkerheten til avdelingen. Høy BSI-indeks innebærer at avdelingen antas å ha høy sikkerhet.

BSV- vård har delt de 26 tiltakene/forholdene inn i et hierarkisk system. Tabell 20 viser hvordan disse vektet i forhold til hverandre. De tiltak/forhold som er viktigst for høy brannsikkerhet, er de som blir vektet høyest. De fire høyest vektete i BSV-vård er (101):

- Personell
- Løs innredning
- Drift og vedlikehold
- Pasienter

De ulike tiltak/forhold knyttes opp mot fire sikkerhetsstrategier:

- Forhindre at brann oppstår
- Begrense spredning av brann og branngasser
- Evakuering
- Slokking

Tabell 20 Vekting av tiltak/forhold i BSV-vård(økt med faktor på 1000) (101)

Komponent	Vikt	Komponent	Vikt
Personal	127	Utrymningsvägar	28
Lös inredning	80	Gångavstånd till utrymningsväg	27
Drift och underhåll	77	Våning ovan mark	26
Patient	65	Ytskikt i tak	26
Brandsläckningsutrustning	59	Brandcellsgräns i bjälklag	26
Larmstyrka på sjukhuset	55	Dörr till utrymningsväg	23
Sprinkler	54	Ventilationssystem	19
Fasta riskkällor	49	Ytskikt på väggarna	19
Automatiskt brandlarm	43	Brandcellsgräns i vägg	19
Räddningstjänstens insats	42	Geometrisk utformning	16
Interna dörrar och väggar	32	Vägledande markeringar	16
Utrymningslarm	31	Nödbelysning	6
Rökevakivering	29	Hiss som utrymningsväg	6

Vurdering

BSV- vård er anbefalt brukt på generelle sykehusavdelinger og bør ikke brukes for å vurdere brannsikkerhet i spesialavdelinger som operasjonsavdeling eller intensivavdeling. Metoden beskriver brannsikkerheten i en enkelt avdeling, og ikke total sikkerhet for hele bygget.

Resultatet av analysen er en brannsikkerhetsindeks(BSI-indeks), i form av en relativ tallverdi. Dette gir mulighet til å vurdere ulike branntekniske løsninger og ulike avdelingstyper opp mot hverandre. En begrensning er imidlertid at de ulike tiltakene/forholdene i varierende grad er kvantifiserbare ved hjelp av tilgjengelig statistikk og beregningsmetoder. Dette åpner for subjektive vurderinger som ikke alltid er pålitelige (34).

10.3.2.4 *NFPA*

National Fire Protection Association (NFPA) har ut arbeidet ulike indeksmetoder for vurdering av risiko, blant annet for sykehus (101).

Systemet bygger på tre ulike delsystemer for brannsikkerhet. Hvert enkelt delsystem skal ha et høyere sikkerhetsnivå enn hva som anses som akseptabelt, for at hele systemet totalt skal være sikkert:

- Virksomhetens brannrisiko
- Bygningens allmenne sikkerhetsnivå
- Sikkerhetsnivå på seksjonering, sløkking og evakuering

Vurdering

NFPAs indeksmetode kan benytte både ved nybygging og i eksisterende bygninger. Metodens anvendbarhet svekkes imidlertid av at den i stor grad er utviklet rundt amerikansk byggeskikk og virksomheter. Hva som anses som akseptabelt sikkerhetsnivå er opp til brukeren av verktøyet (101). I hvilken grad metoden er implementert for norske sykehus og pleieinstitusjoner er uvisst, og et tema som kan undersøkes nærmere.

10.3.2.5 *Britisk indeksmetode for sykehussikkerhet*

I Storbritannia er det siden 1980-tallet utviklet en risikovurderingsmetode for å bestemme pasientsikkerhet i en pleieavdeling. Metoden bygger på en rekke komponenter som vurderes i forhold til betydning for brannsikkerhet (101).

Den britiske metoden ble utviklet ved hjelp av en modifisert Delphi-undersøkelse. En Delphi-undersøkelse brukes for å bygge opp vektning og hierarki i indeksmetoder, og baseres på vurderinger gjort av en gruppe deltagende eksperter. Ekspertene er anonyme og uttaler seg individuelt om ulike problemstillinger. Dette gir anonymitet, kontrollert kommunikasjon samt statistisk behandling av resultatene (101).

Vurdering

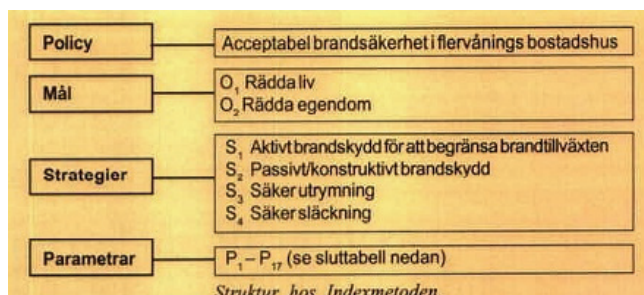
Den britiske indeksmetoden har store likhetstrekk med den svenske metoden BSV-vård. I motsetning til BSV-vård, er den britiske metoden basert på en modifisert delphi-undersøkelse for å vekte de ulike brannsikkerhetstiltakene mot hverandre. I undersøkelsen ble imidlertid alle komponentenes bidrag til brannsikkerhet nesten likt vektet av ekspertene som uttalte seg. Dette gjør metoden mindre anvendbar, da det er vanskeligere å vurdere de ulike komponentenes bidrag til brannsikkerheten.

10.3.2.6 *FRIM-MAB*

FRIM-MAB: *Fire Risk Method for Multistory Apartment Buildings* (124) er en indeksmetode for å vurdere brannrisiko i boligbygg med flere boenheter. Metoden er utarbeidet av det nordiske prosjektet ”Brandsäkra trähus”.

Denne indeksmetoden bygger på at brannsikkerheten i en bygning kan deles inn i ulike nivåer. Tabell 13 viser strukturen i disse nivåene. Øverste nivå er gjeldende hovedmål (policy), som angis å være akseptabel brannsikkerhet i fleretasjes boligbygging. Neste nivå er delmål, definert som å redde liv og eiendom. Strategier for å innfri hovedmål og delmål defineres som aktiv brannbeskyttelse, passiv brannbeskyttelse, sikker rømning og sikker sløkking. Siste nivå er alle parametrene som påvirker de andre nivåene (124).

Tabell 21 Struktur indeksmetode (124)



De ulike parametrene vektet i forhold til den betydning de har for brannsikkerheten, se tabell 22. Parametrene gis poeng, og en total poengskår summeres. Den totale poengsummen beskriver da risikoindeksen for hele bygningen (beregnes: 5 - poengsum). Høy risikoindeks betegner høy risiko, og dermed lav sikkerhet.

Tabell 22 Vekting av parametre i indeksmetoden (124)

Parameter	Namn	Vikt	Betyg	Viktat betyg
P ₁	Ytskikt i lägenheter	0.0576	(0-5)	
P ₂	Släcksystem	0.0668		
P ₃	Brandkår/Räddningstjänst	0.0681		
P ₄	Brandcellsindelning	0.0666		
P ₅	Avskiljande konstruktioner	0.0675		
P ₆	Dörrar	0.0698		
P ₇	Fönster	0.0473		
P ₈	Fasader	0.0492		
P ₉	Vindar	0.0515		
P ₁₀	Näriggande byggnader	0.0396		
P ₁₁	Rökspridning	0.0609		
P ₁₂	Brandvarnare	0.0630		
P ₁₃	Larm	0.0512		
P ₁₄	Utrymningsvägar	0.0620		
P ₁₅	Bärande konstruktion	0.0630		
P ₁₆	Underhåll och information	0.0601		
P ₁₇	Ventilationssystem	0.0558		
Summa		1.0000		
Summa av viktade betyg				
Riskindex för byggnad (= 5 - Summa)				

Vurdering

FRIM-MAB har mange likhetstrekk med metoden BSV-vård, men beskriver brannsikkerheten i hele bygninger og ikke enkelte bygningsseksjoner. Metoden er basert på Delphi-undersøkelse for vekting av de ulike brannsikkerhetsparametrene, og korrelerer godt med standardmetoden QRA (Quantitative Risk Assessment) for risikovurdering (124).

Utarbeidelse av risikoindeksen gir mulighet til å sammenligne brannsikkerhetsnivået i ulike bygninger. Metoden forutsetter imidlertid at funksjonskravene i TEK er tilfredsstillt (34). De vektete parametrene er ikke tilpasset sykehus og pleieinstitusjoner på samme måte som i metoden BSV-vård, men metoden kan trolig anvendes også i slike bygninger.

En FRIM-MAB versjon implementert for sykehus og pleieinstitusjoner kunne fungert som et godt verktøy for å sammenligne total brannsikkerheten i ulike sykehus og pleieinstitusjoner. Dette er noe som kan undersøkes i videre arbeid.

10.3.2.7 L - kurvemetoden

L-kurvemetoden: *Limit of flame movement* (121) brukes for å analysere og dokumentere brannsikkerhet. Metoden gir en systematisk framstilling av flammespredning, både kvantitativt og grafisk. Figur 49 viser den grafiske framstillingen. Y-aksen angir sannsynligheten for at en gitt brann slokker. X-aksen angir forventet spredning av brannen til ulike bygningsdeler. Dette resulterer i en L-kurve, som viser hvordan brannen forutsettes å spre seg i bygningen. Første del av kurven angir startbrannrom og etablert brann, deretter følger branncelle, etasje og hele bygningen. En bratt kurve innenfor en bygningsdel betyr at det er stor sannsynlighet for at brannen slokker der (34). Der kurven krysser x-aksen, forventes brannen å slokke. For en bygning er det ofte nødvendig å bruke metoden som delanalyse for ulike bygningsdeler.



Figur 49 L-kurvemetoden

Vurdering

L-kurvemetoden beskriver brannrisiko på en oversiktlig måte. Dette åpner for enkel kvantifisering av brannsikkerheten i en bygning, og gjør det lett å sammenligne brannsikkerhet i ulike bygningstyper. Metoden kan fungere som prosjekteringsverktøy, samt som underlag for dokumentasjon av brannsikkerhet. L-kurven kan også fungere som et godt kommunikasjonsverktøy for å formidle brannsikkerhet i en bygning.

Datagrunnlaget for metoden er ofte tilgjengelige datakilder og statistikk, eventuelt beregninger (34). Det er i stor grad opp til brukeren å velge pålitelig data, samt vurdere sannsynligheter ut fra faglig skjønn. Metoden er anvendbar i sykehus og pleieinstitusjoner, men for presis vektning av sannsynligheter forutsettes det at brukeren har god kunnskap om tekniske, organisatoriske samt medisinske forhold i slike bygninger.

10.3.2.8 SINTEF- metoden

SINTEF NBL har utviklet *Metode for å beregne personsikkerhet mht brann i bygninger* (34). Dette er en matematisk modell for å beregne dødsbrannrisiko. Ved bruk av hendelsestrær beregnes konsekvens og sannsynlighet for kritiske brannscenarier. Basert på tetthet av mobile og faste energikilder beregnes så forventet brannhyppighet for de ulike scenariene. Det antas at sannsynlighet for antennelse er proporsjonal med installerte kW. Andre beregninger er (34):

- Brannutvikling og røykspredning
- Eksponeringskurver
- Evakueringstid
- Sannsynlighet for redning
- Sannsynlighet for katastrofebrann med mer enn 5 omkomne

Resultatet av metoden er en beregnet FAR- verdi (Fatal Accident Rate), som betegner antall omkomne per 10^8 eksponeringstimer. FAR- verdien gir en målbar størrelse for personsikkerhet for en hel bygning, og vurderes opp mot akseptkriterier basert på ALARP - prinsippet. Metoden tar hensyn til aktiviteter, mennesker samt bygningstekniske forhold i bygningen for å gi et presist bilde av sikkerheten (34).

Vurdering

SINTEF- metoden kan fungere som et objektivt verktøy for å anslå personrisiko i en bygning, og behandler risiko på en etterprøvbar og systematisk måte. Metoden er egnet til å sammenligne sikkerhetsnivået i ulike bygninger, da den angir personsikkerheten som en tradisjonell og målbar størrelse for risiko, i motsetning til indeksmetodene.

Gjennomføring av metoden er tidkrevende. Inngangsdataene er i stor grad standardverdier, men det forutsettes at brukeren har god kunnskap om brannsikkerhet for å kunne angi objektive og virkelighetsnære data (34). SINTEF- metoden er trolig godt egnet for å kvantifisere det totale sikkerhetsnivået i sykehus og pleieinstitusjoner, dersom det tas tilstrekkelig hensyn til de tekniske og organisatoriske forholdene som gjelder for slike bygninger. I hvilken grad metoden brukes for å vurdere brannsikkerhet i sykehus og pleieinstitusjoner er noe som kan undersøkes i videre arbeid.

10.3.2.9 Oppsummering

I dette kapitlet har metoder for å kvantifisere sikkerhetsnivået i sykehus og pleieinstitusjoner blitt vurdert. Av de vurderte metodene er det kun BSV-vård og den britiske indeksmetoden som er spesialtilpasset for slike bygninger. Disse metodene er anvendbare som delanalyser av normale pleieavdelinger, men er ikke like anvendbare for ulike spesialavdelinger på sykehus. Metodene kvantifiserer derfor ikke den totale brannsikkerheten i et sykehus/institusjon, men gir mulighet til å vurdere/sammenligne brannsikkerhetsnivået i ulike avdelinger, samt effekt av ulike sikkerhetsløsninger.

L-kurve metoden, FRIM-MAB og SINTEF er metoder som kvantifiserer sikkerhetsnivået i hele bygninger. Disse metodene kvantifiserer brannsikkerhet på ulike måter; grafisk framstilling, brannsikkerhetsindeks, FAR-verdi. Dette gjør det vanskelig å sammenligne metodene direkte, og vanskelig å vurdere hvilken metode som gir det mest pålitelige bildet av brannsikkerhet.

I hvilken grad de vurderte metodene anvendes i sykehus/institusjoner er noe som kan undersøkes i videre arbeid.

10.4 Informasjonskilder og spørreskjema-brannvesen

I denne oppgaven har jeg hatt mottatt informasjon fra følgende fagmiljøer:

- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap(DSB)
- Trøndelag brann- og redningstjeneste IKS
- Oslo brann- og redningsetat(OBRE)
- Molde brann- og redningstjeneste
- SINTEF NBL
- Molde Sykehus, medisinsk avdeling.
- Bergen Brannvesen

Jeg har deltatt på brannvesenets tilsyn ved forskjellige sykehjem, samt omvisning ved et sykehus.

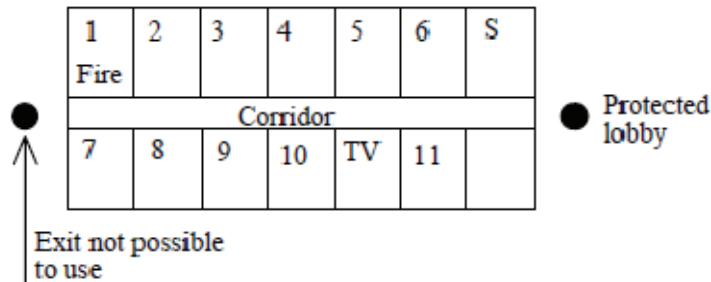
Et enkelt spørreskjema ble sendt ut til Trøndelag brann- og redningstjeneste IKS, OBRE, Bergen brannvesen og Molde brann- og redningstjeneste for uttalelser om brannsikkerhet i sykehus og problematikken rundt korridorpasienter. Disse brannvesenene ble valgt ut fordi de fører tilsyn med både eldre og nye sykehus som statistisk sett har korridorpasienter, og samtidig har ulik utforming og pasientbelastning. Skjemaet følger på neste side.

Brannsikkerhet i sykehus- korridorpasienter	
Hvor mange sykehus fører brannvesenet tilsyn i?	
Hvor ofte føres tilsyn?	
I hvilken grad er brannvernopplæring og brannøvelser gjennomført og dokumentert?	
I hvilket omfang har sykehusene korridorpasienter?	
Hvordan blir brannsikkerhetsforhold med korridorpasienter håndtert av sykehusene?	
Hvilke brannsikkerhetskrav stiller brannvesenet til sykehusene i forbindelse med korridorpasienter?	
Hvordan blir forhold med korridorpasienter håndtert i forbindelse med brannøvelser og planlegging av evakuering av en sykehusavdeling?	
Hva vurderer dere som de største problemene/utfordringene med hensyn til brannsikkerhet i sykehus?	
<u>Registreres avvik i forhold til/evt. hvilke:</u>	
Rømningsveier?	
Brannalarmanlegg?	
Sprinkleranlegg?	
Tilgjengelighet for rednings- og slokkeinnsats?	
Materialbruk og plassering av løs innredning?	
Andre kommentarer?	

10.5 Brannsikkerhetsanalyse – underlag, forutsetninger og antagelser

10.5.1 Utforming

Flere ulike brannsikkerhetsrapporter angir hva som kan anses å være tradisjonell utformingen av en pleieavdeling (se også kapittel 4). I rapporten *Fire safety risk analysis of a health care facility* (118) av Frantzich fremstilles en generell sykehusavdeling slik:



Figur 50 Generell sykehusavdeling 1 (105)

Denne avdelingen har dimensjoner etter svensk byggekode NR(1989) for pleieavdelinger. Pasientrommene har dimensjoner lik 5m x 6m x 3,5m (b x l x h), mens korridoren har dimensjoner 35m x 3m x 3m (l x b x h). Alle pasientrom har et vindu på 0,9m x 0,9m, og dør på 1,2m x 2,1m direkte til korridor. Rommene er utformet for maksimalt 6 pasienter per rom. Vegger og tak er kledd med gipsplater, og golvet er i betong. Avdelingen er plassert i en egen fløy, som gjør at horisontal evakuering bare kan skje via den rømningsveien som leder til beskyttet lobby. Avdelingen har forhold mellom antall pasienter og antall pleier på 3/1 (118).

I Byggforsklad 321.065 presenteres et annet eksempel på utforming av avdelinger i et sykehus (50):



Figur 51 Generell sykehusavdeling 2 (50)

Dette er et eksempel på en avdeling utformet som en dobbeltkorridor. Denne avdelingen har rekker med pasientrom utformet som egne brannceller med en tilgrensende, sammenhengende

korridor, i likehet med eksempelet til Frantzich. Horisontal evakuering er også her kun mulig via den rømningsveien som leder til annen avdeling, da trapperommet i enden av avdelingsfløyen ikke kan benyttes.

Sykehusavdelingen som undersøkes i denne analysen har store likhetstrekk med begge disse eksemplene, og anses å representere en generell medisinsk avdeling.

Avdeling med utforming som sengetun og dobbeltkorridor blir ikke undersøkt.

10.6 Risikoanalyse- BSV vård

Følgende tiltak/forhold vurderes med risikoanalyseverktøyet BSV-vård (120):

Objektnavn:	Totalvärde på BSI				Delvärden Personskydd	Egendomsskydd
	Under-komponent	Komponent-värde	Komponent-vikt	Komponent-sikkerhet		
1 Personal Kunnskap och övning Förhållandet patienter till personal Minsta bemanning		0.00	126.96	0	0	0
2 Patienter Antal patienter i varje rum Hjälpbetov		0.00	64.88	0	0	0
3 Gångavstånd		0.00	26.84	0	0	0
4 Brandcellsgräns bjälklag □		0.00	25.73	0	0	0
5 Brandcellsgräns i vägg □		0.00	19.30	0	0	0
6 Interna dörrar och väggar □		0.00	32.16	0	0	0
7 Dörr till utrymningsväg		0.00	23.21	0	0	0
8 Automatiskt brandlarm □ Typ av detektor och placering Kontrollsystem Larmöverföring		0.00	42.78	0	0	0
9 Utrymningslarm □		0.00	31.32	0	0	0
10 Sprinkler		0.00	53.97	0	0	0
11 Hiss som utrymningsväg		0.00	5.59	0	0	0
12 Utrymningsvägar □		0.00	27.96	0	0	0
13 Ytskikt på väggarna □		0.00	19.30	0	0	0
14 Ytskikt på innertaket □		0.00	25.73	0	0	0
15 Ventilationssystem		0.00	19.30	0	0	0
16 Lös inredning		0.00	80.54	0	0	0
17 Fasta riskkällor		0.00	48.94	0	0	0
18 Nödbelysning □		0.00	5.59	0	0	0
19 Brandgasevakuering		0.00	29.36	0	0	0
20 Vägledande markeringar □		0.00	15.66	0	0	0
21 Brandsläckningsutrustning □		0.00	59.00	0	0	0
22 Räddningstjänstens insats Typ av styrka Insattid Tillgänglighet Förberedd insatsplan		0.00	41.95	0	0	0
23 Geometrisk utforming		0.00	15.66	0	0	0
24 Våning ovan mark		0.00	25.73	0	0	0
25 Drift och underhåll		0.00	77.46	0	0	0
26 Larmstyrka på sjukhuset Delvärde för egendomsskyddet Delvärden för personsäkerheten		0.00	55.08	0	0	0
Total nivå på säkerheten			BSI =	0.00	0.00	0.00

Figur 52 Inndata BSV-vård (120)

BSI-verdier i analysen:

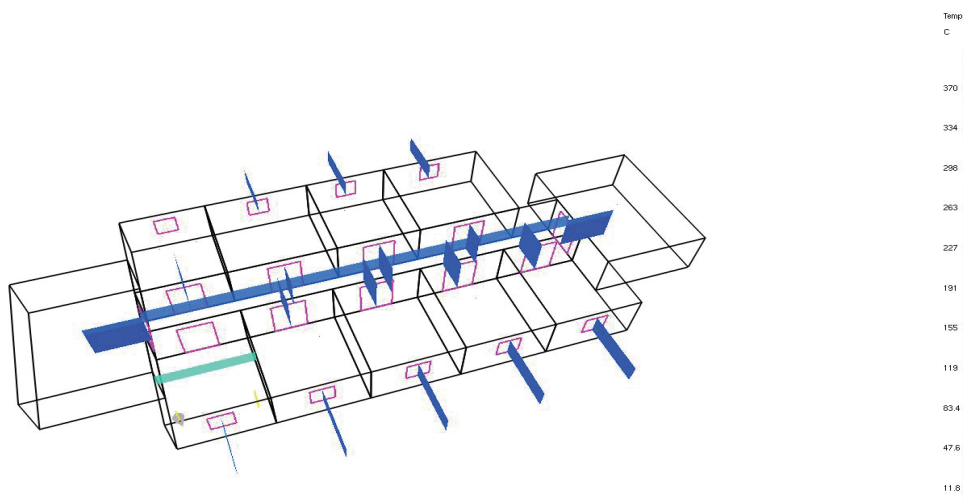
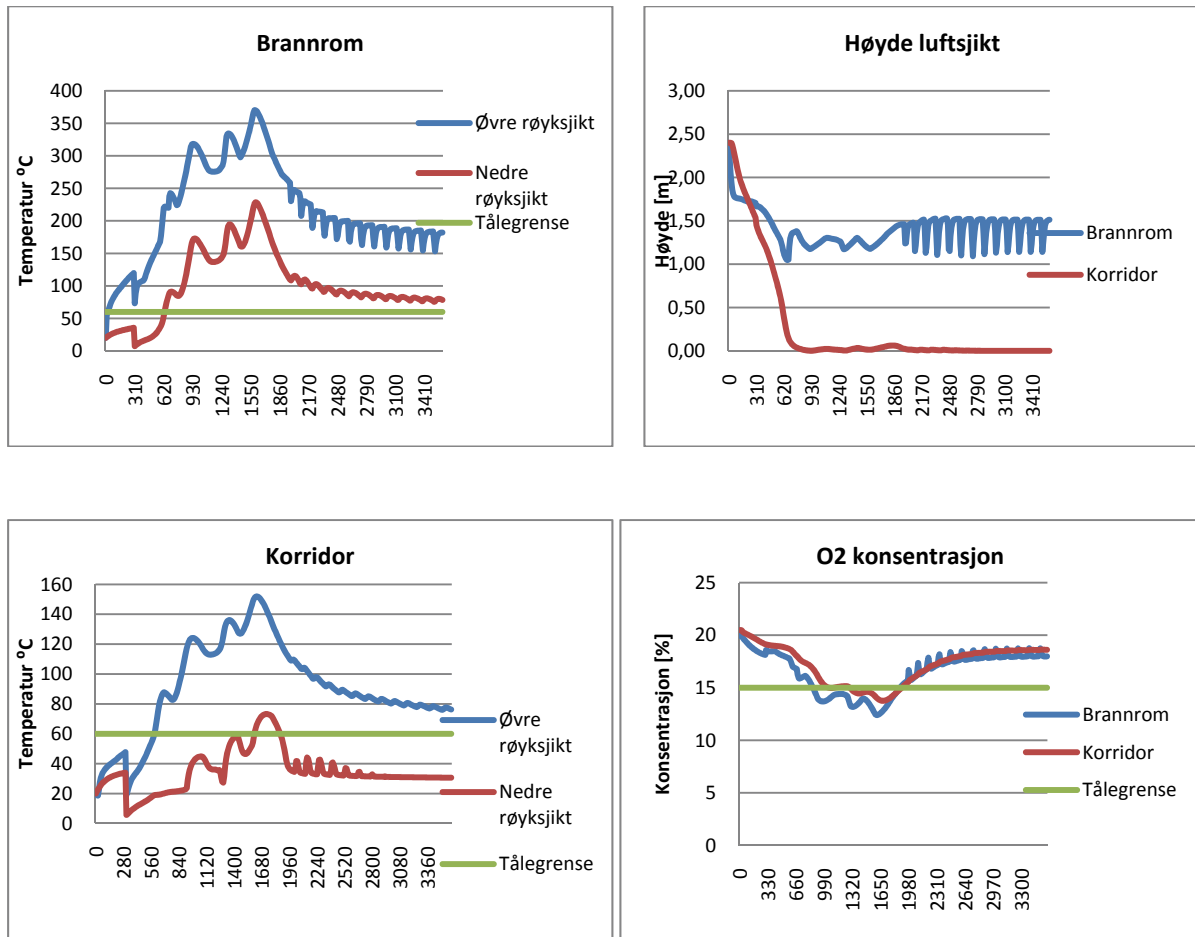
Tabell 23 BSI-verdier for sykehusavdeling

Forhold/tiltak	Total sikkerhet	Personsikkerhet	Verdi/eiendomssikkerhet
Usprinklet, korridorpasienter, utrent personale	2.81	2.83	2.77
Usprinklet, uten korridorpasienter, utrent pers.	2.85	2.87	2.8
Usprinklet, korridorpasienter, øvet personale	2.87	2.88	2.85
Usprinklet, uten korridorpasienter, øvet personal	2.91	2.92	2.88
Sprinklet, korridorpasienter, utrent personale	3.08	3.09	3.05
Sprinklet, uten korridorpasienter, utrent personal	3.12	3.13	3.08
Sprinklet, korridorpasienter, øvet personale	3.14	3.14	3.13
Sprinklet, uten korridorpasienter, øvet personale	3.18	3.19	3.16

10.7 Resultater fra CFAST beregninger

Usprinklet avdeling, brann i pasientrom, åpen dør

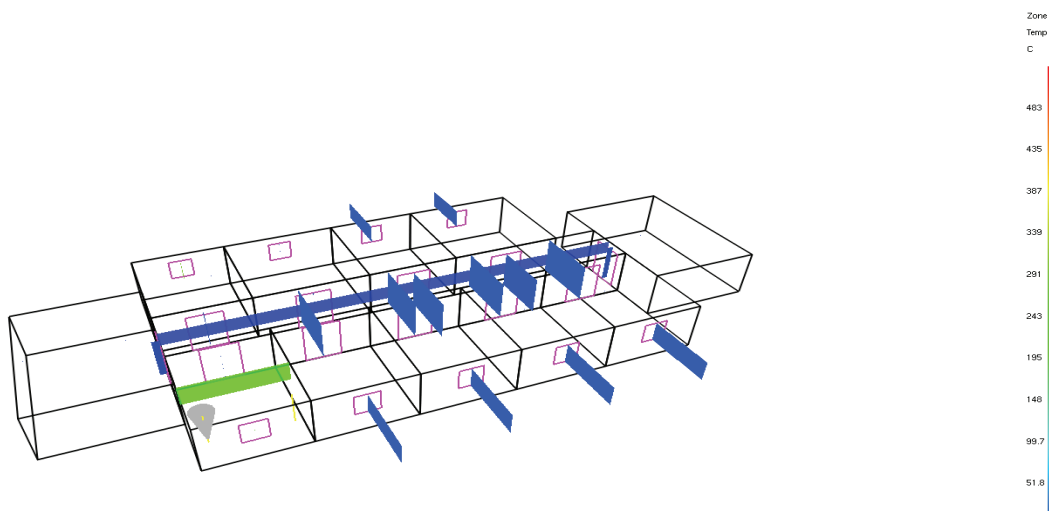
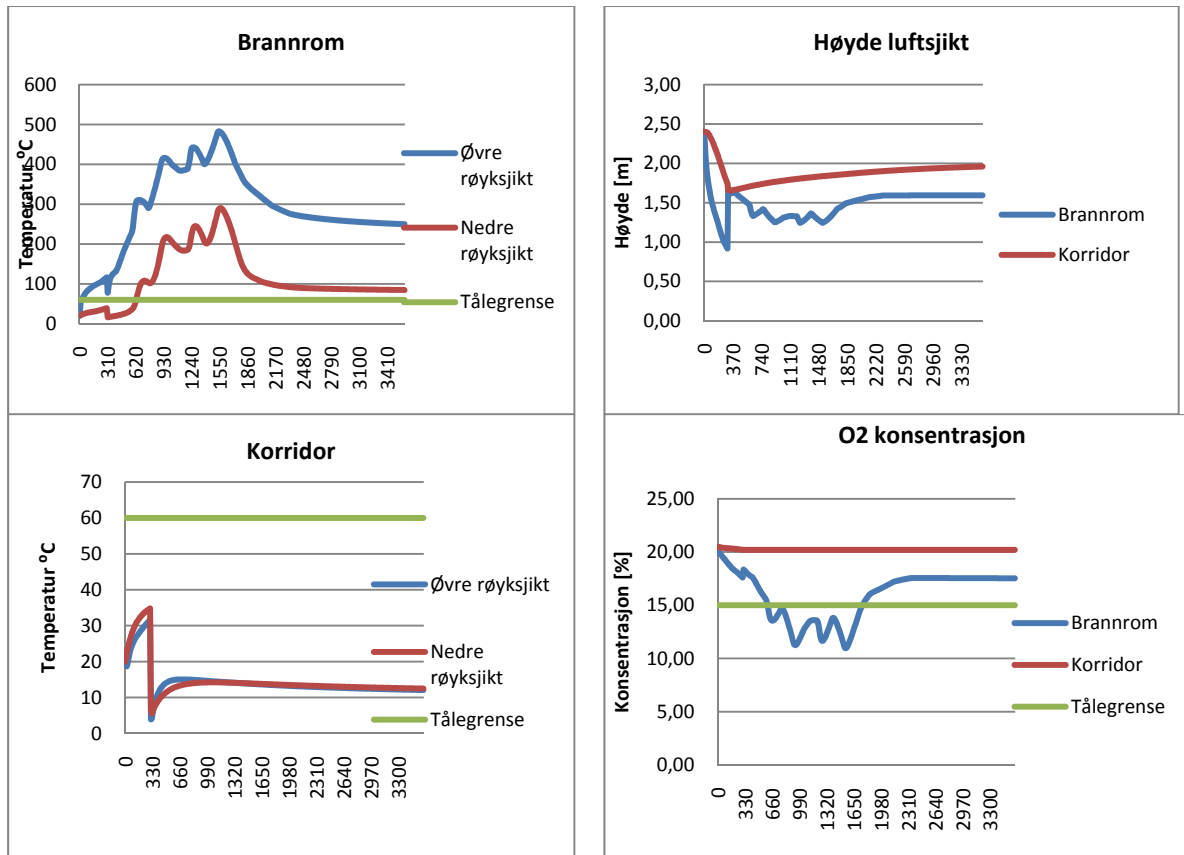
Brann i pasientseng i pasientrom 1 med fullt åpen dør. Tålegrenser for personer ved rømning vises med grønn strek. Horisontal akse med enhet tid [sekunder]. Resultater for brannrom og korridor:



Figuren viser avdelingen 5 min. etter brannstart. Fargede felt indikerer tykkelse og temperatur til røysjikt. Røyken spres seg fra brannrom og fyller hele korridoren. Fri høyde i korridor er 1,54.m. Fri høyde i brannrom er 1,71m.

Usprinklet avdeling, brann i pasientrom, lukket dør

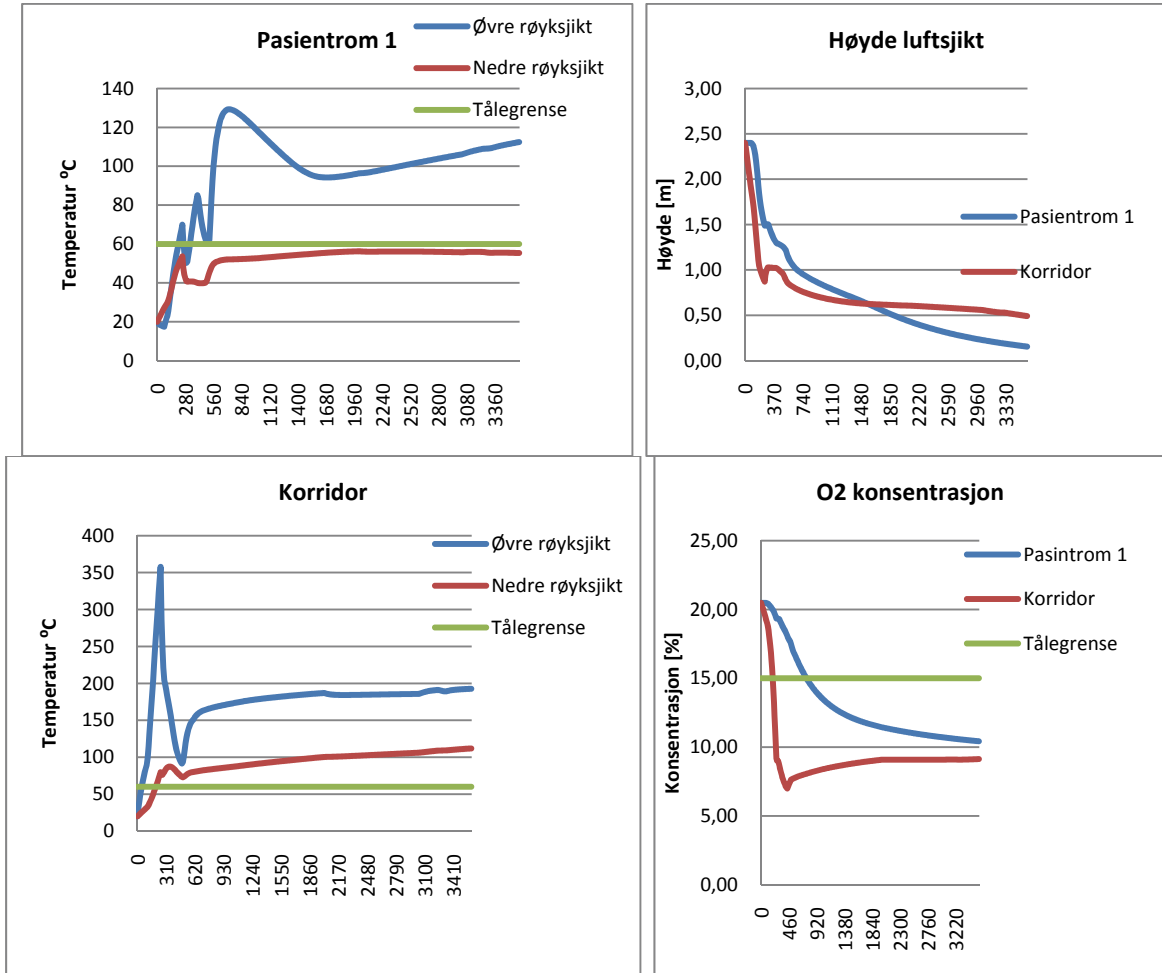
Brann i pasientseng i pasientrom 1 med lukket dør med åpningsfaktor på 1 %. Tålegrenser for personer ved rømning vises med grønn strek. Horisontal akse med enhet tid [sekunder]. Resultater for brannrom og korridor:



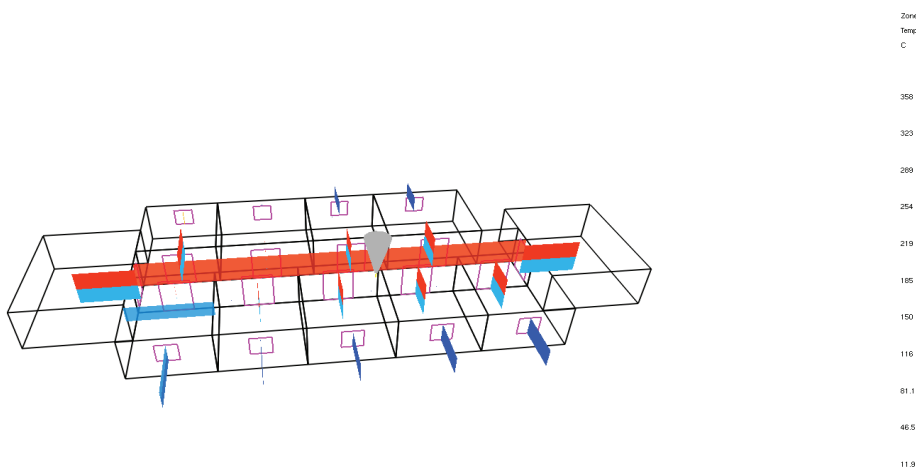
Figuren viser avdelingen 10 min. etter brannstart. Fargede felt indikerer tykkelse og temperatur til røyksjikt. Røyken spres seg fra brannrom til korridor. Fri høyde i korridor er 1,71.m. Fri høyde i brannrom er 1,40m.

Usprinklet avdeling, brann i korridor, dører til pasientrom lukket

Brann i stoppet sofa midt i korridor. Dører fra korridor til pasientrom er lukket. Dør mellom korridor og pasientrom 1 har åpningsfaktor 1 %. Vindu i pasientrom antas å ikke knuse. Tålegrenser for personer ved rømning vises med grønn strek. Horisontal akse med enhet tid [sekunder]. Resultater for korridor og pasientrom 1:

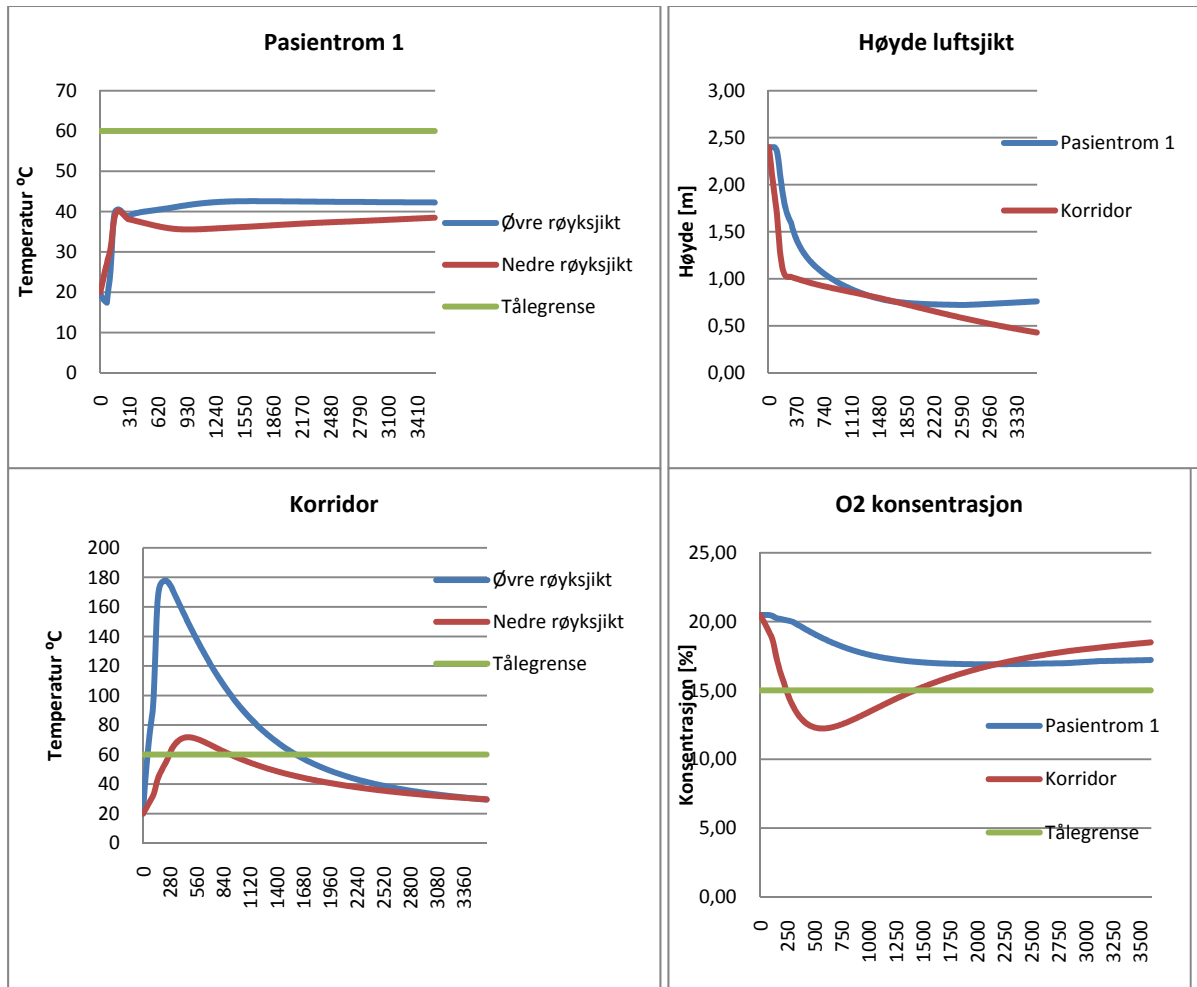


Figuren viser avdelingen 4 min. etter brannstart. Fargede felt indikerer tykkelse og temperatur til røyksjikt. Varm røyk har fylt korridoren, og sprer seg til pasientrom 1. Fri høyde i korridor er 0,9.m. Fri høyde i pasientrom 1,52 er 1,40m.

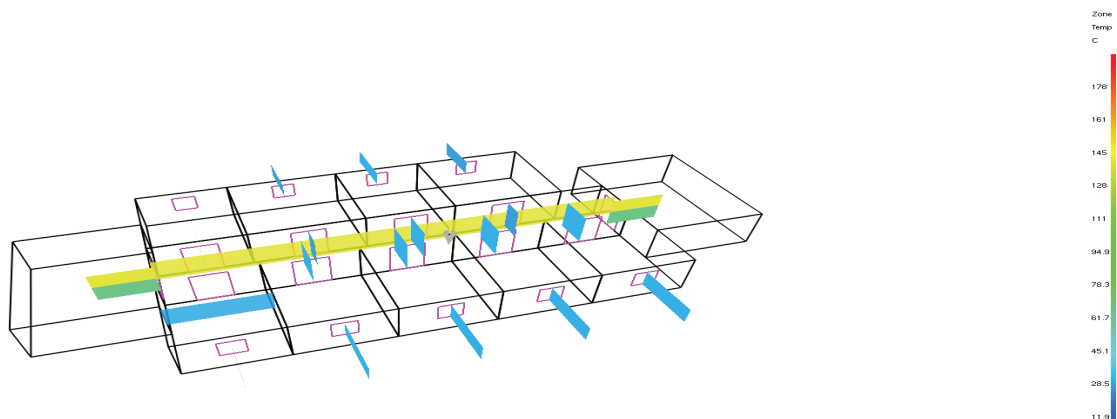


Sprinklet avdeling, brann i korridor, dører til pasientrom lukket

Brann i stoppet sofa midt i korridor. Dører fra korridor til pasientrom er lukket. Dør mellom korridor og pasientrom 1 har åpningsfaktor på 1 %. Vindu i pasientrom antas å ikke knuse. Resultater for korridor og pasientrom 1:

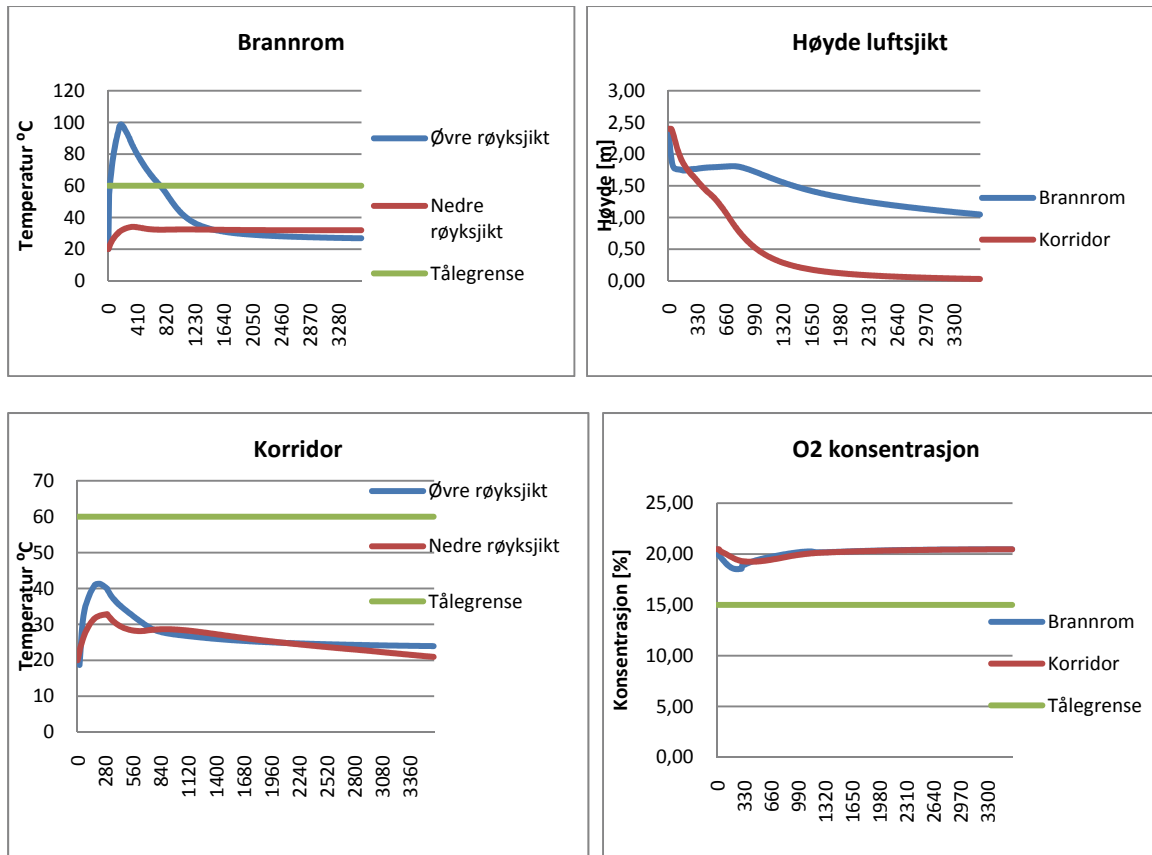


Figuren viser avdelingen 10 min. etter brannstart. Fargede felt indikerer tykkelse og temperatur til røyksjikt. Varm røyk har fylt korridoren, og sprer seg til pasientrom 1. Røyksjiktet i korridor avkjøles av sprinkleranlegget. Ikke kritiske forhold i pasientrom.

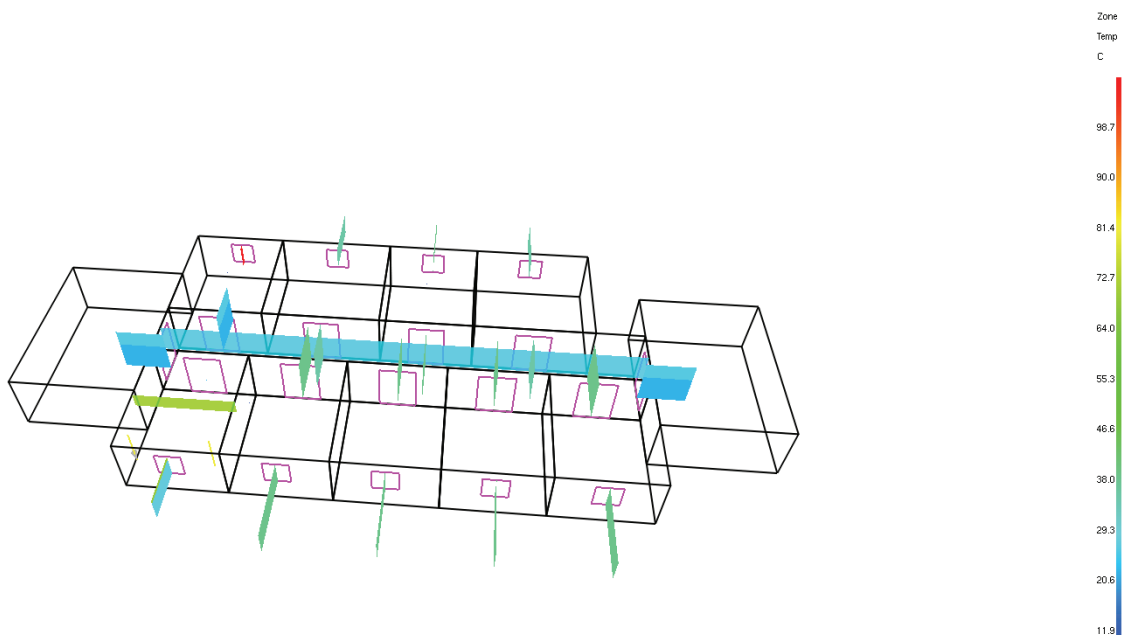


Sprinklet avdeling, brann i pasientrom, åpen dør

Brann i pasientseng i pasientrom 1 med fullt åpen dør. Vindu i pasientrom knuser ikke. Tålegrenser for personer ved rømming vises med grønn strek. Horisontal akse med enhet tid [sekunder]. Resultater for brannrom og korridor:

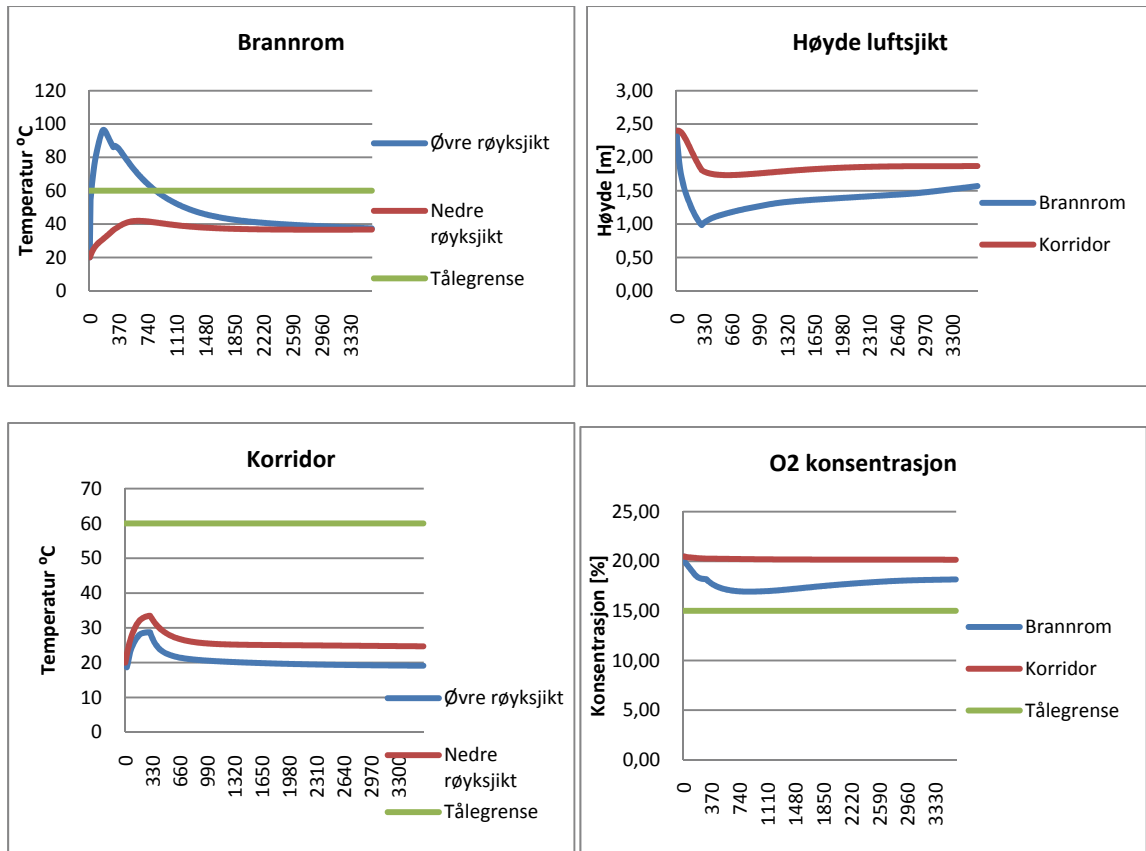


Figuren viser avdelingen 10 min. etter brannstart. Fargede felt indikerer tykkelse og temperatur til røyksjikt. Røyken avkjøles av sprinkler og spres til korridoren. Fri høyde i korridor er 1,20.m. Fri høyde i brannrom er 1,80m.



Sprinklet avdeling, brann i pasientrom, lukket dør

Brann i pasientseng i pasientrom 1 med lukket dør med åpningsfaktor på 1 %. Vindu i pasientrom knuser ikke. Tålegrenser for personer ved rømning vises med grønn strek. Horizontal akse med enhet tid [sekunder]. Resultater for brannrom og korridor:



Figuren viser avdelingen 5 min. etter brannstart. Fargede felt indikerer tykkelse og temperatur til røyksjikt. Røyken avkjøles av sprinkler og spres til korridoren. Fri høyde i korridor er 1,80.m. Fri høyde i brannrom er 1m.

